



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 268**

51 Int. Cl.:
H04L 12/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04708094 .0**

96 Fecha de presentación : **04.02.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1593240**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.11.2005**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la reconfiguración rápida de una topología de red.**

30 Prioridad: **04.02.2003 NO 20030563**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2009

73 Titular/es: **Ontime Networks AS.**
Glads Vei 20
0489 Oslo, NO

72 Inventor/es: **Holmeide, Øyvind y**
Liljestrøm, Lennart

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 318 268 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 318 268 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para la reconfiguración rápida de una topología de red.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere en general a redes informáticas, y más específicamente a un elemento de red y a un procedimiento para controlar un elemento de red.

10 Antecedentes

El algoritmo de árbol de expansión (STA, *Spanning Tree Algorithm*) implementado según la norma IEEE802.1D se desarrolla en puentes para evitar bucles en una red. También se utiliza STA para conseguir redundancia. Los puertos redundantes son importantes como puertos de respaldo en caso de fallo en una red. Se hace referencia a tales puertos como puertos de bloqueo. Se selecciona uno de los puentes en la red como puente raíz. El puente raíz se convierte en el punto central en la red. Todas las demás decisiones en la red, tales como qué puertos están en estado de bloqueo y qué puerto está reenviando paquetes, es decir, estado de reenvío, se toman desde la perspectiva del puente raíz. Entre los puentes se intercambia información relacionada con STA tal como parámetros de coste de ruta e Id de puente. Esta información se lleva en unidades de datos del protocolo de puente (BPDU, *Bridge Protocol Data Unit*). Estos parámetros se usan para formar el árbol de expansión (ST, *Spanning Tree*). Los paquetes de BPDU pueden recibirse en un puerto de bloqueo, pero no se reenvían otros paquetes en un puerto de bloqueo. Qué puertos están bloqueando en un ST depende del coste de ruta. Cualquier puerto habilitado de ST puede estar bloqueando cualquier puente en la red, incluido el puente raíz. El puerto que recibe la mejor BPDU en un puente es el puerto raíz. Éste es el puerto que está más próximo al puente raíz en cuanto a coste de ruta raíz. Por tanto, cada puerto de puente en la red presenta un coste de ruta raíz asociado con el mismo. Éste es la suma de los costes de ruta para cada puerto de puente que recibe tramas reenviadas desde la raíz en la ruta menos costosa al puente.

Los principios para gestionar un evento de cambio de topología tal como una pérdida de enlace o error de enlace en un enlace de puntos de red que es parte de la topología activa se describen en la norma IEEE802.1D. Un puente puede cambiar la topología activa de la red con puentes, en la que se recibe un evento de este tipo. El puente transmitirá una BPDU de notificación de cambio de topología (TCN, *Topology Change Notification*) en la red a la que está unido su puerto raíz. Esta transmisión se repite hasta que el puente recibe una confirmación de recepción de cambio de topología (TCA, *Topology Change Acknowledgment*). La TCA se lleva en una BPDU de configuración, así finalmente se confirmará la recepción de la TCN o tendrá lugar una reconfiguración adicional. El siguiente puente, es decir, el puente designado, en la ruta hacia el puente raíz pasa la TCN hacia la raíz usando el mismo procedimiento.

Si la raíz recibe una TCN tal, o cambia la topología por sí misma, establecerá una bandera de cambio de topología, bit de TC, en todos los mensajes de configuración transmitidos durante algún tiempo. Este tiempo es tal que todos los puentes recibirán uno o más de los mensajes de configuración o tendrá lugar una reconfiguración adicional. Las entradas de dirección dinámica caducarán más rápidamente mientras esta bandera está activa. Esto significa que las entradas que ya no son válidas debido al cambio de topología se retirarán de una forma razonablemente rápida de aquellos puertos puente, en los que ya no están presentes.

La capacidad para detectar cambios de topología puede habilitarse o deshabilitarse en función del puerto. La intención de esta prestación de la norma IEEE802.1D es permitir deshabilitar la detección de cambio de topología en puertos en los que se sabe que está conectada una única estación final, y en los que el encendido y apagado de esa estación final provocaría el disparo del mecanismo de TCN.

El algoritmo de árbol de expansión rápido (RSTA, *Rapid Spanning Tree Algorithm*) es una norma nueva, véase IEEE802.1w para más detalles. Esta norma es una mejora del STA.

La característica más importante del RSTA en comparación con el STA es un paso rápido de un puerto al estado de reenvío. El STA tradicional esperaba pasivamente a que la red convergiera antes de cambiar un puerto al estado de reenvío.

Una convergencia más rápida se consigue dando ajuste a los parámetros de STA por defecto conservadores, reduciendo el número de estados de puerto y aprovechando el hecho de que los enlaces entre los puentes modernos en la mayor parte de los casos se basan ahora en conectividad dúplex completa. En RSTP ya sólo quedan tres estados de puerto, correspondientes a los tres estados operativos posibles. Es decir, rechazo, aprendizaje y bloqueo. Los estados de la norma 802.1D: desactivado, bloqueo y escucha se han fusionado en un único estado de rechazo según la norma 802.1w.

RSTA puede confirmar activamente que un puerto puede pasar de manera segura a reenvío sin basarse en ninguna configuración de temporizador.

Otra diferencia entre STA y RSTA es la transmisión de paquetes de BPDU. Un puente no raíz de STA sólo genera BPDU cuando reciba un paquete tal en su puerto raíz. Así, realmente un puente de STA transmite BPDU en vez de generarlas realmente. Este no es el caso de RSTA. Un puente de RSTA envía una BPDU con su información actual con

ES 2 318 268 T3

un intervalo regular (es decir, tiempo de saludo de puente: 1 a 10 segundos). El mecanismo de cambio de topología de RSTA también se cambia en comparación con STA. Un puente modificará su tabla de direcciones dinámicas si se recibe un paquete de paquete de BPDU y se activa el bit de TC.

- 5 El tiempo necesario para cambiar los estados de puerto del ST en una red habilitada de RSTA se mejora de manera significativa en comparación con STA. Sin embargo, un paquete de BPDU en una red habilitada de RSTA sigue enviándose sólo en un segmento LAN. Una BPDU no se envía directamente a través de un puente habilitado de RSTA. Esto significa que cada puente habilitado de RSTA introducirá cierta latencia en el intervalo de milisegundos.
- 10 El establecimiento de una nueva topología activa con una tabla de direcciones dinámicas correcta de cada puente para una red de STA o RSTA en caso de un cambio de topología o cambio de parámetros de STA o RSTA a través de administración se ve afectada por el hecho de que la propagación de nuevos parámetros de BPDU por la red y la propagación de nueva información de cambio de topología requiere mucho tiempo. El tiempo necesario para establecer una nueva topología activa es de 30 a 60 segundos en caso de STA y normalmente de unos pocos segundos para RSTA.
- 15 Esto es inaceptable para aplicación de red con requisitos de tiempo real tales como voz sobre IP, flujo continuo de vídeo (*video streaming*) o sistemas de automatización.

La patente US nº 6.262.977 describe un procedimiento mejorado para el STA para conseguir una reconfiguración más rápida de una red en caso de un cambio de topología. Se retiran algunos de los estados de puerto del ST y puede conseguirse que la transición entre los estados sea más rápida. Un puente en una red basada en este procedimiento conoce la identificación del puente raíz y ha clasificado su puerto en diferentes funciones, es decir, un puerto raíz, uno o más puertos designados y uno o más puertos alternativos. El paso rápido de bloqueo a reenvío de un puerto de puerto alternativo a puerto raíz puede realizarse basándose en este procedimiento.

25 El documento de patente 0 684 716 da a conocer una disposición de ST con nodos de red que permiten una reorganización de ST rápida, establecimiento de nodo propio y recuperación de ST rápida en caso de fallos de red múltiples.

Sumario de la invención

30 El tiempo necesario para establecer una nueva topología activa en un tipo de red Ethernet es un parámetro crítico. Los protocolos de redundancia de red establecidos tales como STA y RSTA son a menudo demasiado lentos para muchas aplicaciones.

35 Un objetivo principal de esta invención es añadir nuevas técnicas a estas normas y a normas similares para conseguir un tiempo de reconfiguración en el intervalo de milisegundos para topologías de red complejas que impliquen varios bucles de red.

40 Los inconvenientes de la solución de la técnica anterior se superan mediante un procedimiento, un elemento de red y una red informática tal como se explica en las reivindicaciones independientes adjuntas.

Objetivos y ventajas adicionales se consiguen mediante las características explicadas en las reivindicaciones dependientes.

45 Descripción detallada de la invención

A continuación, se describirá la invención con más detalle a título de ejemplos y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que

50 La figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de un elemento de red administrado por multipuerto genérico, la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una implementación para reconfiguración rápida de una topología de red en un elemento de red,

55 la figura 3 es un gráfico que ilustra una topología de árbol de expansión.

La figura 4a es un gráfico que ilustra una topología de árbol de expansión activa, cuando se produce un evento de cambio de topología,

60 la figura 4b es un gráfico que ilustra los estados de puerto tras el evento de cambio de topología,

la figura 4c es un gráfico que ilustra la nueva topología de árbol de expansión activa tras el evento de cambio de topología.

65 La figura 5a es un gráfico que ilustra una topología de árbol de expansión activa, en la que se usa otro tipo de evento diferente de cambio de enlace o cambio de parámetro de coste de ruta como evento de cambio de topología.

ES 2 318 268 T3

La figura 5b es un gráfico que ilustra la nueva topología de árbol de expansión activa tras superar un umbral de contador de errores en uno de los enlaces.

5 La figura 6a es un gráfico que ilustra una topología en la que se selecciona uno de los puentes raíz como el subraíz para una TCA dada.

La figura 6b es un gráfico que ilustra una topología en la que se selecciona el puente raíz como el subraíz para una TCA dada

10 la figura 7a es un gráfico que ilustra una topología en la que se ha producido una TCA de “desactivación de enlace” y en la que los puentes de detección de TCA gestionan la TCA.

15 La figura 7b es un gráfico que ilustra la nueva topología activa después de manejar el TCE de “desactivación de enlace” en la Figura 7a.

La figura 8a es un gráfico que ilustra una topología en la que se ha producido una TCA de “desactivación de enlace” se produjo debido a una pérdida de puente, en el que el TCE representa un escenario de múltiples TCE.

20 La figura 8b es un gráfico que ilustra la nueva topología activa después de gestionar el TCE de “desactivación de enlace” en la figura 8a.

La figura 9a es un gráfico que ilustra una topología en la que se ha producido una TCA de “desactivación de enlace” debida a una pérdida de puente, y en la que los puentes de detección de TCA gestionan la TCA.

25 La figura 9b es un gráfico que ilustra la nueva topología activa después de gestionar el TCE de “desactivación de enlace” en la figura 9a.

La figura 10a es un conjunto de cuatro diagramas de flujo de BTI,

30 la figura 10b es un conjunto de diagramas de flujo que ilustra un proceso de activación de enlace de puerto, un proceso de desactivación de enlace de puerto de ST y un proceso de cambio de parámetro de coste de ruta,

la figura 11 es un diagrama de flujo de TCE,

35 la figura 12a incluye un diagrama de flujo de transmisión de TCC y un diagrama de flujo de temporizador de TCC,

la figura 12b es un diagrama de flujo de recepción de TCC,

40 la figura 13 incluye un diagrama de flujo de transmisión de TCA y un diagrama de flujo de recepción de TCA,

la figura 14 incluye un diagrama de flujo de transmisión de MTU y un diagrama de flujo de recepción de MTU, y

45 la figura 15 incluye un diagrama de flujo de recepción de TSC, un diagrama de flujo de transmisión de TSC y un diagrama de flujo de TDC.

La figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de un elemento de red administrado por multipuerto genérico según la invención. El elemento de red comprende un núcleo de conmutación y un módulo de CPU. Entre estos dos módulos se envían datos por paquetes e información de administración. Por motivos de simplicidad y legibilidad, el término “elemento de red” se sustituye por el término “puente” en la siguiente descripción detallada. La implementación descrita a continuación es sin embargo relevante para varios tipos de elementos de red, por ejemplo puentes, conmutadores, encaminadores, pasarelas, etc., y así, el alcance de la invención se refiere a elementos de red en general, aunque a modo de ejemplo en la presente memoria se mencionan específicamente puentes.

55 La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una implementación para reconfiguración rápida de una topología de red en un puente según la invención.

Un conjunto de paquetes puede transmitirse entre los puentes en la red para conseguir una reconfiguración rápida según la invención. El conjunto puede incluir paquetes de los siguientes tipos:

- 60 - Información de topología de puente (BTI)
- Evento de cambio de topología (TCE)
- Orden de cambio de topología (TCC)
- 65 - Confirmación de recepción de cambio de topología (TCA)
- Actualización de tabla de MAC (MTU)

ES 2 318 268 T3

- Orden de guardado de topología (TSC)
- Orden de diferencia de topología (TDC)

5 Dichos paquetes se envían al hardware local, es decir, los puertos físicos conectados a la red, y se reciben desde el hardware local a través del módulo de “Mensajes a y desde otros puentes en la red” 5 y el módulo de “Acción” 1. El módulo de “Acción” 1 gestiona la operación para la reconfiguración rápida de una topología de red. Esto implica la configuración del hardware local tal como ajustes de estado de puerto a través del módulo de “Control de hardware local”, 11, cálculo de la topología total y cambios de identificación de topología a través del “Calculador de topología” 2, basándose en la información BTI, TCE y/o TCC recibida o un TCE detectado local recibido a través del módulo de 10 “Lógica de detección de TCE local” 3. El modelo de árbol de expansión (modelo de ST) almacenado se actualiza con información obtenida del TCE. El modelo de ST contiene un subconjunto de la red. El subconjunto contiene todos los puentes o sólo algunos de los puentes en la red.

15 El módulo de “Acción” 1 también presenta una interfaz con el módulo de “Identificar manejador de topología de puente” 7. El módulo de “Identificar manejador de topología de puente” 7 tiene la función de verificar si el propio puente es el manejador de topología de puente (BTH) o no. Si el puente es un BTH, iniciará un procedimiento de cambio de topología basándose en el modelo de ST para gestionar el TCE, en el que el subconjunto en el modelo de ST incluye por lo menos el puente, el origen del TCE y los puentes a los que afecta el cambio de topología. 20

A continuación se indican cuatro ejemplos de conjunto de reglas que se usan por el módulo de identificar manejador de topología de puente 7 para determinar si el puente es el BTH para el TCE recibido o no. Un experto en la materia comprenderá que también pueden aplicarse otros conjuntos de reglas.

25 Conjunto de reglas 1. El puente raíz siempre actúa como el BTH,

Conjunto de reglas 2. Un número restringido de puentes subraíz puede actuar como el BTH,

Conjunto de reglas 3. Cualquier puente subraíz puede actuar como el BTH, o

30 Conjunto de reglas 4. El puente de detección de TCE actúa como el BTH.

El conjunto de reglas aplicado para un puente también debe aplicarse para otros puentes en la red. Así, la selección de un conjunto de reglas se lleva a cabo en una fase inicial del establecimiento de la red, y los datos identificadores del conjunto de reglas que se aplicará debe transmitirse a cada puente que se incluye posteriormente para operar en la red. 35

Según el conjunto de reglas 1, el puente presenta más o menos la misma funcionalidad que el puente raíz en una implementación STA o RSTA. El puente raíz en la red es el manejador de topología de puente para cualquier TCE.

40 Según el conjunto de reglas 2 y 3, un puente subraíz como BTH para un TCE dado se identifica basándose en la ubicación del TCE en el ST. El puente subraíz para un TCE dado puede definirse como el puente más superior en un subárbol, cuando el subárbol está definido como la parte del ST afectada por el TCE.

Si se aplica el conjunto de reglas 2, sólo un número restringido de puentes puede actuar como un BTH. En este caso, el módulo de identificar manejador de topología de puente lleva a cabo las etapas siguientes:

45 en primer lugar, el puente determina si está habilitado para operar como un BTH. El puente no es el BTH para el TCE dado, si no está habilitado para operar como un BTH.

50 Si el puente está habilitado para operar como un BTH, el puente recuperará de la base de datos que contiene el modelo de árbol de expansión información que indica si el origen del TCE está incluido en el subárbol para el que el puente es el subraíz. En caso contrario, el puente no es el BTH.

55 Por el contrario, se lleva a cabo una prueba para decidir si otro subárbol está también implicado en el TCE. Si no es así, el puente es el BTH para el TCE dado.

Si por otro lado está implicado otro subárbol, se aplica además una regla de prioridad para determinar si el puente es el BTH o no.

60 Si se aplica el conjunto de reglas 3, cualquier puente puede actuar como el BTH. En este caso, se lleva a cabo una primera prueba para determinar si el TCE está asociado al puerto raíz del puente. Si es así, el puente no es el BTH para el TCE.

65 Si la primera prueba da falso, se lleva a cabo una segunda prueba para determinar si el TCE implica la introducción de un bucle en la topología de red. Si esta segunda prueba da falso, y el TCE es un evento local para el puente, se determina que el puente es el BTH para el TCE. Si no, si la segunda prueba da falso y el TCE es no local (es decir, originalmente detectado por otro puente y detectado por este puente mediante la recepción de un paquete de datos de TCE), se determina que el puente no es el BTH para este TCE.

ES 2 318 268 T3

Si la segunda prueba da verdadero, se lleva a cabo una tercera prueba para determinar si el puente está incluido en el bucle establecido por el TCE, y también lo más cerca de la raíz en cuanto a coste de rutas. Si esta prueba da falso, el puente no es el BTH para este TCE. Si no, si la tercera prueba da verdadero, el puente es el BTH para el TCE.

Si se aplica el conjunto de reglas 4, el puente de detección de TCE también es el BTH para el TCE. Todos los puentes en la red pueden actuar como un BTH si los puentes soportan el conjunto de reglas 4. Este conjunto de reglas se basa en el principio de que el puente o puentes de detección de TCE gestionarán el procedimiento de cambio de topología.

En este caso, el puente simplemente determina si el TCE es un TCE local. Si es así, el puente es también el BTH. Por el contrario, el puente no es el BTH.

Las implementaciones basadas en el conjunto de reglas 2, 3 ó 4 no dependen de una función de puente raíz tradicional. El puente raíz sólo se usa como un punto central para el cálculo de la topología de red, y no participa en el establecimiento de una nueva topología de red a menos que el puente raíz está afectado por el TCE.

Si la salida desde el módulo “Identificar manejador de topología de puente” indica que el propio puente es el manejador de topología de puente para el TCE, se activa el módulo de Iniciar procedimiento de cambio de topología 8. Si no, se activa el módulo “Esperar información de TCC o MTU nueva” 6. Otro puente se establecerá como el BTH para el TCE.

El puente comprende tres bases de datos: la base de datos DBA 12 contiene topología nueva (en procesamiento), la base de datos DBB 13 contiene topología activa de la red y la base de datos DBC 14 contiene topología de instalación (copia guardada de topología de diseño).

El BTH envía información de TCC y en la mayoría de los casos de MTU a los demás puentes, y puede solicitar una TCA de alguno de los demás puentes para verificar que se llevan a cabo los cambios requeridos. Un puente de detección de TCE envía un paquete de TCE a la red tanto si el puente es un BTH como si no. Dos paquetes de TCE producidos por un único TCE pueden recibirse en el BTH puesto que a menudo dos puentes de detección de TCE detectan el mismo TCE. El módulo de “Identificar manejador de topología de puente” 7 comprueba diferencias entre la base de datos DBA 12 y DBB 13, en las que la base de datos DBA contiene la nueva topología después de haberse producido uno o más TCE y la DBB contiene la topología activa antes del TCE o los TCE.

El módulo de “Calculador de topología” 2 está conectado a las bases de datos y está dispuesto para actualizar el contenido de base de datos de todas las bases de datos basándose en solicitudes del módulo de “Acción” 1. El calculador de topología está dispuesto además para obtener los cambios de topología requeridos en la red en el propio puente y en todos los demás puentes en la red afectadas por el TCE. Los cambios requeridos contienen nuevos estados de puerto e información de MTU para todos los puentes afectados por el TCE. El módulo de “Acción” 1 también debe gestionar múltiples TCE, es decir, uno o más TCE nuevos se reciben a través del módulo de “Lógica de detección de TCE local” o a través de la recepción de paquetes de TCC, TCE mientras está en curso un procedimiento de cambio de topología. Este procedimiento se interrumpe y el puente más superior en el subárbol que cubre todos los TCE actuará como el BTH si los puentes soportan la funcionalidad del conjunto de reglas 2, 3 ó 4. De otro modo, el puente raíz siempre debe actuar como el BTH. El puente puede recibir paquetes de TSC desde por ejemplo una estación de administración de red, en la que se ordena al puente que almacene la topología actual o una topología específica en la base de datos C 14. Esta topología se considera la topología preferida. Una topología activa que difiriese de la topología preferida podría disparar una alarma, es decir, un paquete de TDC.

El primer módulo de comparación 15 está dispuesto para determinar que hay una diferencia entre el contenido de la base de datos DBA y la base de datos DBB.

El segundo módulo de comparación 16 está dispuesto para determinar que hay una diferencia entre el contenido de la base de datos DBB y la base de datos DBC.

El módulo de “Entrada de administración” 10 también puede influir en la operación del módulo de “Acción” 1. Los parámetros de coste de ruta pueden cambiarse desde el módulo de Entrada de administración 10, y la transmisión de paquetes de TSC puede dispararse desde este módulo 10.

60 *Información de topología de puente (BTI)*

La información de topología total se conocerá preferentemente en cada puente en la red. Así, cada puente puede establecer el ST total incluyendo los estados de puerto en cada puente y dónde está conectado cada puerto. El ST se calcula basándose en los mismos principios que se usan para el STA y RSTA o técnicas similares. Un puente reenviará paquetes BTI a sus puentes contiguos incluyendo varios registros de BTI, conteniendo cada uno:

- identificador de paquetes de BTI.

ES 2 318 268 T3

- Estados de puerto, y dónde está conectado cada puerto; es decir, los parámetros de Id de puente y a qué puerto de ST está conectado cada puerto de ST en qué puente contiguo, también se especifica si el puerto está conectado a otro puente. Nota: sólo se describen dos estados de puerto del ST para esta técnica de redundancia de red (aunque la técnica no está limitada a sólo dos estados de puerto):

- o Bloqueo
- o Reenvío

- Parámetros de coste de ruta.
- Parámetros de Id de puente.

El puente genera un registro de BTI para el propio puente y para cada puente contiguo y todos los demás puentes que puedan alcanzarse a través de estos puentes contiguos por puertos de reenvío, menos el puente contiguo en el que se envía el paquete de BTI y los puentes que sólo pueden recibirse por este puente por puertos de reenvío. Un paquete de BTI puede enviarse desde el CPU de puente tanto en los puertos de reenvío como de bloqueo y sólo en un segmento de LAN. Es decir, un paquete de BTI sólo se reenviará a la CPU de un puente contiguo. Esto significa que la propagación de BTI durante el inicio requerirá un tiempo de inicio adicional. Sin embargo, se generan nuevos paquetes de BTI una vez que los paquetes de BTI, TCC o TCA lleguen con nueva información de topología o se genera un TCE local, mientras que se envían paquetes de BTI en un intervalo regular cuando la topología es estática.

Se eliminará un registro de BTI para un puente y para todos los puentes que sólo pueden recibirse por este puente si no se recibe ningún paquete de BTI nuevo en un puerto dado durante un intervalo de tiempo predefinido.

En una topología de red redundante son importantes tanto la disponibilidad de enlace como la velocidad de enlace de puntos. El STA utiliza costes de ruta definidos por el usuario y la velocidad como parámetros de coste de ruta. Sin embargo, también podrían considerarse otros parámetros como parámetros de coste de ruta. Pueden utilizarse los siguientes parámetros adicionales:

- Conectividad dúplex, el coste de ruta se establecerá más alto si el enlace es un enlace semidúplex en comparación con un enlace en dúplex integral.
- Tipo de enlace, el tipo de enlace afecta al coste de ruta. Por ejemplo, los enlaces de fibra se consideran la mejor alternativa (bajo coste de ruta) y los radioenlaces son los peores (alto coste de ruta).
- Capacidad de prioridad, un puerto sin soporte de prioridad debería representar un enlace con mayor coste de ruta que un puerto con tal capacidad.
- CRC u otros contadores de errores, el coste de ruta de un enlace aumentará y disparará TCE cuando pase un umbral predefinido de un contador de errores relevante.

La figura 5a es un gráfico que ilustra una topología de árbol de expansión activa, en la que se usa otro tipo de evento diferente de cambio de enlace o cambio de parámetro de coste de ruta como evento de cambio de topología. Se usa "CRC y otros contadores de errores" como un criterio para calcular un ST que difiera de un ST basándose sólo en el cálculo del coste de ruta de STA.

La figura 5b es un gráfico que ilustra la nueva topología de árbol de expansión activa tras superar un umbral de contador de errores en uno de los enlaces.

La figura 10a es un conjunto de cuatro diagramas de flujo de BTI, identificados por 10A, 10B, 10C y 10D, respectivamente.

En la figura 10a, 10A hay un diagrama de flujo para la gestión de una expiración de BTI. La salida marcada como "TCE de expiración de BTI" enlaza con una entrada marcada de manera idéntica con el diagrama de flujo de TCE en la figura 11.

Como se describe con referencia a la figura 11, se actualizan las bases de datos A y B en caso de una expiración de BTI, se envía nueva información BTI en los puertos de ST (10D) y se genera un TCE de expiración de BTI local.

En la figura 10a, el diagrama de flujo 10B muestra cómo se gestiona la recepción de un paquete de BTI desde un puente contiguo que soporta reconfiguración rápida. La salida marcada como "TCE de actualización de DB de BTI" enlaza con una entrada marcada de manera idéntica al diagrama de flujo de TCE en la figura 11. Como se describe con referencia a la figura 11, se actualizan las bases de datos A y B si la BTI contiene nueva información de topología, se envía BTI nueva en los puertos de ST (10D) y se genera un TCE de actualización de DB de BTI.

ES 2 318 268 T3

En la figura 10a, el diagrama de flujo 10C muestra la operación de BTI periódica en la que información BTI se envía en un intervalo regular en todos los puertos de ST.

5 En la figura 10a, el diagrama de flujo 10D muestra la transmisión asíncrona de un paquete de BTI en caso de un disparo de evento de BTI provocado por un TCE local.

La figura 10b es un conjunto de diagramas de flujo que ilustra un proceso de activación de enlace de puerto (10E), un proceso de desactivación de enlace de puerto de ST (10F) y un proceso de cambio de parámetro de coste de ruta (10G), respectivamente.

10 En la figura 10b, el diagrama de flujo de activación de enlace de puerto (10E) describe cómo se identifican los puertos de puente que soportan reconfiguración rápida y el establecimiento de un puerto no puente en estado de reenvío una vez que el puerto está identificado como puerto no puente. El puerto se pone en estado de bloqueo y se inicia un temporizador cuando se produce un evento de activación de enlace. A continuación se comprueba si se recibe un paquete de BTI en este puerto o no. El puerto se considera como un puerto de puente y luego vuelve a esperar un nuevo evento de activación de enlace si se recibe un paquete de BTI. Se lleva a cabo una comprobación de una expiración si no se recibe un paquete de BTI. El puerto se pone en estado de reenvío inmediatamente si se produce una expiración; de otro modo, continúa comprobando los paquetes de BTI. Se actualizan las bases de datos A y B, véase la figura 11, se envía nueva información BTI en los puertos de ST (10D) y se genera y envía un TCE de activación de enlace local TCE al diagrama de flujo de TCE si el puerto se identifica como puerto de ST.

20 En la figura 10b, el diagrama de flujo de desactivación de enlace de puerto de ST (10F) configura el puerto de ST local en caso de un evento de desactivación de enlace de puerto de ST, actualiza correspondientemente las bases de datos A y B, véase la figura 11, se envía nueva información BTI en los puertos de ST (10D) y se genera un TCE de desactivación de enlace local.

30 En la figura 10b, el diagrama de flujo de cambio de parámetro de coste de ruta (10G) configura el puerto de ST local en caso de un evento de cambio de parámetro de coste de ruta, actualiza correspondientemente las bases de datos A y B, véase la figura 11, se envía nueva información BTI en los puertos de ST (10D) y se genera un TCE de cambio de parámetro de coste de ruta local.

35 La transmisión de paquetes de BTI basada en eventos, disparo de eventos de BTI, también pretende gestionar la situación en la que difiere la BTI en los puentes. Esto puede suceder cuando se pierden los paquetes para reconfiguración rápida de la red, o no se detecta un escenario de TCE múltiple en todos los puentes en la red.

Evento de cambio de topología (TCE)

Los siguientes eventos locales generan un TCE:

- 40 - enlace entre dos puentes con soporte de reconfiguración rápida establecido.
- Enlace entre dos puentes con soporte de reconfiguración rápida perdido.
- 45 - Parámetros de coste de ruta cambiados.
- Expiración de BTI.
- Actualización de DB (base de datos) de BTI

El puente de detección de TCE genera un paquete de TCE. Un paquete de TCE contiene lo siguiente:

- 55 - identificador de paquetes de TCE.
- Id de puente de BTH
- Id de puente de puente de detección de TCE
- 60 - tipo de TCE.
- Nueva BTI de puente de detección de TCE.

65 Se envía un paquete de TCE al BTH a través de todos los puentes entre el puente de detección de TCE y el BTH, sin retarse por ninguna CPU de puente. Un paquete de TCE puede recibirse en un puerto de bloqueo, pero entonces sólo se reenviará a la CPU de puente. Un paquete de TCE recibido en un puerto de reenvío se reenviará a la CPU de puente y otros puertos de reenvío, pero no en cualquier puerto de bloqueo. Así, el paquete de TCA no sólo se recibe por el BTH, sino también por otros puentes en la red. Estos puentes sabrán al recibir un paquete tal que se ha iniciado

ES 2 318 268 T3

un procedimiento de cambio de topología. Se envía un paquete de TCE desde el puente de detección de TCE aunque el puente local sea el BTH.

5 La propagación del paquete de TCE a través de la red debería basarse preferentemente en comunicación por multidifusión o difusión. Sin embargo, también es posible basar la implementación en comunicación por unidifusión, aunque esto implicará transmisión de la misma información varias veces.

10 Un puente que detecta un TCE no cambiará el estado de ninguno de sus puertos de ST a estado de reenvío, antes de que el BTH se lo indique. El estado inicial de un puerto se establecerá primero a bloqueo mediante el puente de detección de TCE sin ninguna interacción con el BTH o ningún otro puente.

15 El mismo TCE puede detectarse en dos puentes. Por ejemplo establecimiento de enlace o pérdida de enlace entre dos puentes. El BTH debe poder gestionar la situación en la que pueden enviarse dos paquetes de TCE desde cada uno de los puentes de detección de TCE al BTH. Esto puede evitarse en caso de un establecimiento de enlace, si se intercambian paquetes de BTI en el nuevo enlace entre los dos puentes. La BTI para los dos puentes puede utilizarse para identificar cuál de los puentes enviará el paquete de TCE o gestionará el TCE si uno de los puentes es el BTH. También es conveniente que el puente de detección de “activación de enlace” que se convierte en el BTH para este TCE espere un intervalo de tiempo predefinido después de haber enviado BTI nueva y se envíen los paquetes de TCE antes de continuar el procedimiento de cambio de topología. El intervalo de tiempo predefinido T_{prop} , debería ser más largo que el tiempo máximo necesario para propagar nueva información de topología a través de la red utilizando paquetes de BTI. Esto es relevante para detectar un escenario de TCE múltiple en la red. Esta implementación tiene relevancia particular en caso de un TCE de “activación de enlace” puesto que este TCE puede introducir bucles temporales en caso de un escenario de TCE múltiple.

25 La figura 11 muestra el diagrama de flujo de TCE. Se entra en el diagrama de flujo de TCE cuando se detecta un TCE local o cuando se recibe un paquete de TCC o TCE.

30 Se actualizan las bases de datos A y B basándose en el TCE recibido, se envía un paquete de TCE a la red en los puertos de ST en caso de un TCE detectado local y a continuación se lleva a cabo una comprobación de un escenario de TCE múltiple. Un escenario de TCE múltiple no está presente si el puente recibe varios TCE producidos por el mismo evento. Así, el puente debe poder verificar si dos TCE recibidos describen el mismo evento o no. El contenido de las bases de datos de A y B difiere en caso de que un procedimiento de cambio de topología está en curso. Así, pueden compararse estas dos bases de datos para verificar si está presente o no un escenario de TCE múltiple, cuando se recibe un nuevo TCE. Se interrumpe un procedimiento de cambio de topología en curso que está desarrollándose en el puente si se identifica un escenario de TCE múltiple y se actualizan las bases de datos A y B con los nuevos estados de los puertos locales de ST. El único puerto de ST en estado de reenvío podría ser por ejemplo el puerto raíz tal como se define en el STA. A continuación se lleva a cabo una comprobación para verificar si el puente es un BTH para el o los TCE actuales en caso de un escenario de TCE múltiple. Se entra en el diagrama de flujo de transmisión de TCC si el puente se identifica como el BTH, véase la figura 12a, mientras que se entra en el diagrama de flujo de recepción de TCC en caso de que el puente no sea el BTH, y se ha recibido un paquete de TCC.

Orden de cambio de topología (TCC)

45 El BTH genera uno o más paquetes de TCC que se envían como un paquete de multidifusión o difusión a cada puente en la red basándose en el paquete de TCE recibido o la detección de TCE local. El paquete de TCC contiene lo siguiente:

- 50 - identificador de paquetes de TCC
- referencia de TCC
- parámetros de ID de puente de BTH
- 55 - BTI para toda la red
- Solicitud de confirmación de recepción
- Solicitud de información de MTU
- 60 - Información de MTU

65 También puede utilizarse comunicación por unidifusión, aunque entonces deben enviarse varios paquetes de TCC mediante el BTH para cada puente que está afectado por la nueva topología de ST.

El BTH calcula un nuevo ST basándose en el paquete de TCE recibido y los registros de BTI de cada puente. El algoritmo para encontrar el ST óptimo se basa en los mismos principios que se usan para STA.

ES 2 318 268 T3

El campo “BTI para toda la red” del paquete de TCC contiene un registro de BTI para cada puente en la red. El BTH puede seleccionar entrar en un estado intermedio, en el que la topología de red aísla en cierta medida una parte de la red para evitar bucles temporales o para poder alcanzar puentes que no pueden alcanzarse a través de puertos de reenvío antes de establecer la nueva topología final. Esto puede requerir la transmisión de más de un paquete de TCC. La entrada en un estado de ST intermedio es relevante en la mayoría de los casos cuando se produce un escenario de TCE múltiple.

Ninguna CPU de puente se retardará un paquete de TCC. Un paquete de TCC puede recibirse en un puerto de bloqueo, pero entonces se reenviará sólo a la CPU de puente. La propagación del paquete de TCC a través de la red depende de si se utiliza comunicación por difusión, multidifusión o unidifusión:

- unidifusión; el paquete de TCC sólo se reenvía en el puerto, en el que se aprende la dirección de MAC de destino del puente de destino.
- Multidifusión; el paquete de TCC se reenvía en todos los puertos de reenvío y la CPU de puente si estos puertos y la CPU de puente forman parte del dominio de multidifusión de TCC.
- Difusión; el paquete de TCC se reenvía en todos los puertos de reenvío y la CPU de puente.

El campo “Solicitud de confirmación de recepción” especifica a qué puentes se ordena generar una confirmación de recepción, es decir, un paquete de TCA.

El campo “Solicitud de confirmación de recepción” puede usarse para comprobar si un puente todavía está conectado a la red y el buen estado del puente en caso de por ejemplo un TCE de expiración de BTI.

El campo “Solicitud de información de MTU” especifica a qué puentes se ordena añadir información de actualización de tabla de MAC (MTU) en sus paquetes de TCA. Esta información se usa por los puentes que necesitan actualizar sus tablas de MAC después de haber surtido efecto el cambio de topología.

El BTH puede enviar un paquete de MTU separado o añadir información de MTU directamente a la TCC en lugar de utilizar la “Solicitud de información de MTU” en el paquete de TCC, cuando todos los paquetes de TCA se reciben después de la transmisión de un paquete de TCC. El envío de un paquete de MTU es relevante en caso de varios cambios en la topología de red, mientras que el uso del campo “Solicitud de información de MTU” o la adición de información de MTU directamente al campo “Información de MTU” son más relevantes en caso de un cambio de topología secundario en la red.

La figura 12a incluye un diagrama de flujo de transmisión de TCC y un diagrama de flujo de temporizador de TCC.

En la figura 12a, se entra en el diagrama de flujo de TCC de transmisión del BTH cuando el módulo “Acción” (véase la figura 2) ha verificado que no hay otro procedimiento de cambio de topología en curso a menos que se ha identificado un escenario de TCE múltiple y el puente sea el BTH para todos los TCE pendientes. Se calcula el nuevo ST basándose en cualquier cambio o cambios de topología que han disparado la TCC y se copia el nuevo ST a la nueva base de datos de topología, A, véase la figura 2, y se implementan los cambios relacionados con el propio puente, en el puente y se actualiza la base de datos, B, actual con esta información. El puente comprueba si debería entrarse en un estado intermedio de ST antes de establecer el nuevo ST para evitar bucles temporales antes de alcanzar esta nueva topología de ST. La configuración y el contenido de la base de datos del puente se cambian correspondientemente si se requiere un estado de ST intermedio. El puente verifica si se requiere una TCA de uno o más puentes en la red y si la TCA solicitada debería contener o no información de MTU. Si no se requieren paquetes de TCA, entonces se añade información de MTU al paquete de TCC. En este caso, se recibe una confirmación de recepción a través de la BTI nueva recibida en un intervalo de tiempo predefinido. Si éste no se recibe en este periodo de tiempo, entonces se retransmite el paquete de TCC, véase el diagrama de flujo de temporizador de TCC para más detalles en la figura 12a.

La figura 12b es un diagrama de flujo de recepción de TCC, que ilustra el procedimiento de recepción de TCC según una realización preferida de la invención. El diagrama de flujo muestra las etapas que se llevan a cabo para manejar una orden de cambio de topología recibida.

El procedimiento de recepción de TCC comprende las etapas de actualizar el modelo de topología con información BTI, determinar si se solicita una confirmación de recepción de cambio de topología (TCA) en la orden TCC, determinar si se incluye información de actualización de tabla de MAC (MTU) en la orden TCC, y si se incluye MTU, llevar a cabo un procedimiento de recepción de MTU (véase a continuación).

Más específicamente, en el procedimiento de recepción de TCC, se copia BTI nueva para toda la red en la base de datos A, véase la figura 2, se copia la BTI relacionada con el propio puente a la base de datos B y también se implementan los cambios de puente relacionados con el puente local. El puente comprueba si el paquete de TCC recibido contiene información de MTU o no. Se entra en el diagrama de flujo de recepción de información de MTU si el TCC contiene tal información, véase la figura 14. Se entra en el diagrama de flujo de transmisión de TCA si se solicita una TCA, véase la figura 13.

ES 2 318 268 T3

Confirmación de recepción de cambio de topología (TCA)

A los puentes a los que el BTH ordena cambiar sus estados de puerto en uno o más puertos también se les puede ordenar enviar un paquete de confirmación de recepción de cambio de topología de vuelta al BTH. Esto se especifica para cada puente en el campo “Solicitud de confirmación de recepción” del paquete de TCC.

Un paquete de TCA contiene lo siguiente:

- identificador de paquetes de TCA
- parámetros de Id de puente
- referencia de TCC
- información de MTU.

El paquete de TCA se reenvía hacia el BTH de la misma manera que para los paquetes de TCE. El paquete de TCA está previsto en primer lugar para el manejador de topología de puente, aunque el paquete de TCA también puede contener información de MTU si el campo “Solicitud de información de MTU” del paquete de TCC recibido ordena al puente añadir “Información de MTU”. La MTU en los puentes que están afectados por el cambio de topología puede llevarse a cabo una vez que se genere el último paquete de TCA. El paquete de TCA debe propagarse no sólo al BTH si se incluye información de MTU. Así, no puede utilizarse unidifusión si el paquete de TCA contiene información de MTU.

Un puente que genera un paquete de TCA con información de MTU debe calcular la información de MTU basándose en su conocimiento de los cambios en la topología de red, véase la siguiente sección: “Actualización de tabla de MAC (MTU)”.

El BTH genera un nuevo paquete de TCC con la misma referencia de TCC que el paquete de TCC previo si no se recibe una TCA de cada uno de los puentes a los que se ordena generar un paquete de TCA en un intervalo predefinido.

La figura 13 incluye un diagrama de flujo de transmisión de TCA y un diagrama de flujo de recepción de TCA.

El diagrama de flujo de transmisión de TCA en la figura 13 ilustra el procedimiento de transmisión de TCA que se implementa según una realización preferida de la invención.

El procedimiento de transmisión de TCA comprende la etapa de transmitir un paquete de TCA a la red, incluyendo dicho paquete información de MTU calculada a partir del modelo de árbol de expansión si se requiere información de MTU.

Más específicamente, se lleva a cabo una comprobación para determinar si debería añadirse información de MTU al paquete de TCA antes de enviar o no el paquete de TCA.

En la figura 13, el diagrama de flujo de TCA de recepción comprueba que el paquete de TCA recibido es la TCA que ha solicitado el BTH (el propio puente). El puente comprueba si debe enviarse un nuevo paquete de TCC. Esto es relevante en caso de utilizar un estado de ST intermedio. Se entra en el diagrama de flujo de transmisión de TCC si se requiere otra TCC, véase la figura 12a, mientras que se comprueba el paquete de TCA respecto a un campo de MTU si no se requiere un nuevo paquete de TCC.

Se entra en el diagrama de flujo de recepción de MTU, véase la figura 14, si se encuentra un campo de este tipo, en caso contrario se entra en el diagrama de flujo de transmisión de información de MTU, véase la figura 14.

Actualización de tabla de MAC (MTU)

El BTH o un puente al que se ha solicitado un paquete de TCA con “Información de MTU” genera un paquete tal, cuando el procedimiento de cambio de topología ha finalizado. La información de MTU está prevista para aquellos puentes que están afectados por el cambio de topología.

El algoritmo para encontrar los puentes y sus puertos de ST que están afectados por el TCE se basa en los mismos principios que se usan por STA excepto en que todo el ST se calcula en cada puente en la red. Así, se calcula una nueva topología activa y se compara con la topología activa anterior. Esos puentes y aquéllos de sus puertos que difieran se identifican en la MTU.

El paquete de MTU contiene lo siguiente:

- identificador de paquetes de MTU
- Id de puente y puertos en los que se requiere actualización de MAC.

ES 2 318 268 T3

Un paquete de MTU se propaga a través de la red de la misma forma que un paquete de TCC. Así, se prefiere la comunicación por multidifusión o difusión.

La figura 14 incluye un diagrama de flujo de transmisión de MTU y un diagrama de flujo de recepción de MTU.

Según el diagrama de flujo de transmisión de MTU mostrado en la figura 14, el BTH envía un paquete de MTU. La información de MTU se calcula a partir de los datos en las bases de datos A y B por el "Calculador de topología", véase la figura 2. A continuación se envía un mensaje de MTU a todos los puentes en la topología y se actualiza la base de datos de topología activa, la base de datos B en la figura 2.

El procedimiento de recepción de MTU, que se implementa según una realización preferida de la invención, se ilustra en el diagrama de flujo de recepción de MTU en la figura 14. Según este procedimiento, el puente comprueba si el Id de puente local se encuentra en la MTU tras la recepción de un paquete de MTU. La MTU se rechazará si el puente ya ha recibido la misma información de MTU de otro puente que ha detectado el mismo TCE. La tabla de MAC se actualiza basándose en los puertos específicos y se actualiza la base de datos de topología activa, la base de datos B en la figura 2.

Orden de guardado de topología (TSC) y orden de diferencia de topología (TDC)

Durante el diseño de una red muchos parámetros diferentes pueden asignarse a los puentes en la red que influirán en la topología de red. Cuando toda la red está operativa según se define durante el diseño la primera vez o después de una reconstrucción o mejora de la red puede enviarse una orden de guardado de topología (TSC) a todos los puentes en la red. Una TSC puede generarse y enviarse mediante por ejemplo el puente raíz o por ejemplo una estación de administración de red (NMS). Tal orden se inicia normalmente por un usuario. Entonces se guarda una base de datos duplicada que contiene una copia de la topología y puede no cambiarse hasta que se recibe una TSC nueva. Esta topología se considera la topología preferida de red. Puede usarse una diferencia entre la topología preferida y la topología actual para generar una alarma que se envía a una NMS predefinida, es decir, una orden de diferencia de topología (TDC). Esto puede realizarse usando el protocolo de administración de red simple (SNMP) popular o protocolos similares. Los paquetes de TDC pueden enviarse en caso de un TCE o en intervalos fijos mientras que la topología activa difiera de la topología preferida almacenada en la base de datos duplicada. Pueden usarse los siguientes principios para minimizar la comunicación de paquetes de TDC:

- sólo se permite a la raíz enviar paquetes de TDC.
- Se permite a uno o unos pocos puentes predefinidos enviar paquetes de TDC.
- Se permite enviar paquetes de TDC al puente o puentes que están afectados por el cambio de topología.

La figura 15 incluye un diagrama de flujo de recepción de TSC, un diagrama de flujo de transmisión de TSC y un diagrama de flujo de TDC.

Según una realización preferida, el procedimiento según la invención comprende las etapas de recibir una orden de guardado de topología (TSC) de la red, y guardar en una base de datos el modelo de topología actual tras recibir una TSC.

El proceso realizado tras la TSC recibida se ilustra más específicamente mediante el diagrama de flujo de recepción de TSC en la figura 15. Este proceso espera una orden TSC recibida a través del módulo de "Acción", véase la figura 2. Cuando se recibe una TSC se comprueba que se envía desde un puente dentro de la topología activa, buscando en la base de datos B, véase la figura 2. La orden se procesa adicionalmente si se encuentra una coincidencia, si no se rechazará. El diagrama de flujo de TDC se deshabilita durante el proceso de copia de la base de datos.

En el proceso ilustrado por el diagrama de flujo de transmisión de TSC en la figura 15, se realiza en primer lugar una comprobación que no hay cambios de topología en progreso antes de que se transmita ningún paquete de TSC cuando se recibe una orden de transmisión de TSC. La orden se rechaza si hay un cambio de topología en progreso, si no se enviarán los mensajes de TSC a todos los demás puentes en la topología.

El proceso ilustrado por el diagrama de flujo de TDC en la figura 15 enviará paquetes de TDC de forma regular si el puente está configurado para este servicio y se encuentra una diferencia entre las bases de datos B y C, véase la figura 2.

Los paquetes de TCE, TCC, TCA, MTU, TSC y TDC deberían protegerse preferentemente mediante prioridad para reducir la probabilidad de pérdida de paquetes y para conseguir mínima latencia de red de estos paquetes.

Todas las figuras 3, 4a-c, 5a-b, 6a-b, 7a-b, 8a-b, 9a-b y 10a-b ilustran ejemplos de topologías de árbol de expansión de una red, en la que se incluyen elementos de red (a los que se hace referencia como puentes por simplicidad). En todas estas figuras, los puentes se identifican mediante los símbolos de referencia A...I y raíz, respectivamente. Los números de puerto de un puente se indican mediante el símbolo de referencia de puente seguido por un número de

ES 2 318 268 T3

puerto, tales como los puertos A5, A8 para el puente A. Los números de puerto del puente raíz se indican mediante R1 y R2.

5 Ejemplo 1

Puente raíz como BTH - Conjunto de reglas 1

10 La figura 3 es un gráfico que ilustra una topología inicial de árbol de expansión de una red. Cada puente en la red es un elemento de red según la invención, y la información de topología total se conoce en cada puente.

La figura 4a es un gráfico que muestra la misma topología que la figura 3, pero con un cambio de topología que se produce en la red. Se establece un enlace entre el puente C y G.

15 La figura 4b es un gráfico que muestra la misma topología que la figura 3, tras el evento de cambio de topología. En la figura 4b, tanto el puerto C3 en el puente C como el puerto G3 en el puente G se ponen en estado de bloqueo. Esto se realiza por los dos puentes sin ninguna interacción con el puente raíz u otro. El puente C o G, envía un paquete de evento de cambio de topología (TCE) de multidifusión al puente raíz. El puente raíz identifica si el TCE recibido representa un bucle en potencia. Puede verse a partir de la figura 4b que se establece un bucle entre los puentes A, C, 20 G, H y D. El puente raíz calcula el ST nuevo basándose en los nuevos parámetros de coste de ruta del enlace entre los puentes C y G. El cálculo nuevo muestra que el ST nuevo deberá utilizar este enlace (C3 y G3 en estado de reenvío), mientras que el enlace entre el puente G y H deberá ser un enlace de respaldo.

El puente raíz envía un paquete de orden de cambio de topología (TCC) de multidifusión, en el que el puerto G1 se pone en estado de bloqueo y el puerto G3 en estado de reenvío del puente G y el puerto C3 del puente C se pone en estado de reenvío, véase la figura 4c. El paquete de TCC también contiene información de MTU, en la que se ordena a los puentes A, C, G, H y D con los puertos A5 y A8, C2 y C3, G3 y G1, H7 y H6 y D1 y D2 respectivamente, que borren las direcciones de MAC asociadas con estos puertos. El paquete de TCC con información de MTU se envía en toda la red. El paquete se recibe en todos los puentes en la red, y todos los puentes llevarán a cabo o bien MTU o bien 30 cambios de estado de puerto, excepto en los puentes: I, B, E y F que no están afectados por el cambio de topología. El puente raíz, es decir, el manejador de topología de puente, no solicitará paquetes de TCA del puente C y G, pero todos los puentes que incluyan el puente raíz recibirán paquetes de BTI con información de topología nueva que indique a los puentes que se ha conseguido la nueva topología activa. Esto significa que ha finalizado el procedimiento de cambio de topología. El paquete de TCC volverá a enviarse si no se recibe tal información nueva en un intervalo de 35 tiempo predefinido en el puente raíz.

La comunicación de paquetes de TCE, TCC, TCA, MTU, TSC y TDC entre los puentes de detección de TCE, los puentes que están afectados por el TCE y el puente raíz puede cambiarse de tal forma que la propiedad del puente raíz que actúa como el “maestro” en la red se elimine en mayor o menor medida. El puente raíz puede ser aún el punto 40 central en la red en cuanto a cálculo del coste de ruta, pero el puente raíz no participa en el manejo de un cambio de topología a menos que el puente raíz sea un puente de detección de TCE, o esté afectado por un TCE en la red. Un manejo de TCE alternativo puede ser introducir las definiciones de subraíz, subárbol y puente de manejo de TCE (que se corresponden con los conjuntos de reglas 2, 3 y 4, respectivamente).

45 Un puente subraíz, es decir, el manejador de topología de puente, para un TCE dado se identifica basándose en la ubicación del TCE en el ST. Un subárbol se define como la parte del ST a la que afecta el TCE. Pueden utilizarse varios criterios diferentes para definir qué puente deberá ser el subraíz en un subárbol dado. Una solución es la siguiente:

el puente o puentes de detección de TCE se consideran siempre como el/los candidato(s) para ser el subraíz del 50 TCE. Si dos puentes detectan el mismo TCE, entonces el puente más cercano al puente raíz en cuanto al coste de ruta a través de los puertos de reenvío al puente raíz será considerado además como el candidato. Si el TCE no introduce un bucle en la red, entonces se seleccionará este puente como el subraíz. Si el TCE representa un bucle nuevo en la red, entonces los puentes de detección de TCE deben identificar el puente en el bucle que es el puente más cercano al puente raíz en cuanto al coste de ruta a través de los puertos de reenvío al puente raíz. Se seleccionará este puente como el 55 subraíz. Los paquetes de BTI se intercambiarán en el nuevo enlace entre los dos puentes en caso de un establecimiento de enlace entre los dos puentes. Es conveniente que los dos puentes conozcan la última BTI de toda la red antes de que se inicie ningún procedimiento de cambio de topología. Esto podría introducir cierto retardo adicional en caso de que se procese un TCE de establecimiento de enlace, aunque esto no es crítico en tiempo real ya que un nuevo enlace representa más y no menos rutas de red. Obsérvese, sin embargo, que pueden usarse también otros criterios de 60 selección.

Ejemplo 2.1

65 *Puente subraíz como BTH - Conjunto de reglas 3*

En la figura 6a, el puente A se seleccionará como el subraíz para el TCE entre los puentes C y G.

ES 2 318 268 T3

Ejemplo 2.2

Puente subraíz como BTH - Conjunto de reglas 3

5 En la figura 6b, el puente raíz se selecciona como el subraíz para el TCE generado entre los puente E e I.

Ejemplo 2.3

10 *Puente subraíz como BTH - Conjunto de reglas 3*

En la figura 7a, el puente C se selecciona como el subraíz para el TCE generado entre los puente C y G, puesto que C está más cercano que G al puente raíz en cuanto al coste de ruta a través de los puertos de reenvío al puente raíz. Ambos puentes conocen esto. Se permite al puente G cambiar el estado del puerto G1 a reenvío, y también puede
15 actualizar su tabla de MAC antes de la recepción de una orden TCC del puente C o A. Así, el TCE podría producirse por una pérdida del puente C de la red. En este caso se elegirá A como el subraíz.

Se manejarán varios TCE generados de forma más o menos simultánea en una secuencia por el puente raíz en caso de no utilizar la implementación de subraíz. El puente raíz podría modificar un procedimiento de cambio de topología en curso si un paquete de TCE nuevo con información nueva se recibe durante el procedimiento de cambio de topología en curso. El puente raíz podría seleccionar poner parte de o incluso todos los puertos habilitados de ST en la red en estado de bloqueo en un escenario de TCE múltiple. El uso de subraíces también puede manejar la situación en la que varios TCE se generan de forma más o menos simultánea y los subárboles de los TCE se solapan. El puente más superior en un subárbol que contiene todos los TCE se selecciona como el subraíz. Este puente es responsable de
20 manejar el escenario de TCE múltiple. Los principios del manejo de un escenario de TCE múltiple, cuando se usan principios de subraíz, son los mismos que para el puente raíz cuando no se utiliza la implementación de subraíz.

Una pérdida de conexión completa de un puente podría considerarse como un escenario de TCE múltiple, en el que es conveniente poner cada puerto habilitado de ST excepto uno en cada puente en estado de bloqueo, ya que el establecimiento de una nueva topología activa podría implicar varios cambios de topología en la red con un puente nuevo elegido como el puente raíz.
30

Podría ser necesario que se detuviera un procedimiento de cambio de topología en curso manejado por un puente subraíz o un puente de detección de TCE si se recibe una orden TCC de otro BTH más cercano al puente raíz en cuanto al coste de ruta a través de los puertos de reenvío.
35

La introducción de la definición de subraíz puede desarrollarse adicionalmente permitiendo que cualquier puente de detección de TCE actúe como el manejador de topología de puente, es decir, opere según el conjunto de reglas 4. Esto puede reducir el número de paquetes requeridos y el tiempo necesario para conseguir una nueva topología activa en caso de un TCE. Así, puede utilizarse completamente el hecho de que cada puente en la red tiene un conocimiento completo de la topología de red, y que cada puente puede calcular y manejar el establecimiento una nueva topología activa basándose en un TCE. Un cambio en la topología activa es en la mayoría de los casos relevante en uno o más de los puertos de ST en un puente de detección de TCE. Esto significa que un puente de detección de TCE puede realizar algunos o todos estos cambios requeridos antes de que cualquier TCC e información de MTU se envíe a otros puentes.
40 Algunos TCE se detectarán por dos puentes, por ejemplo un TCE de “activación de enlace”. Tal TCE debería manejarse preferentemente por uno de los puentes de detección de TCE. Cuál puede depender de varios criterios diferentes. Una solución es que el puente más cercano al puente raíz, es decir, el punto central, en cuanto al coste de ruta a través de los puertos de reenvío al puente raíz sea responsable del manejo del TCE. Podría requerirse comunicación de BTI para que los puentes de detección de TCE verifiquen qué puente deberá manejar el TCE. Sin embargo, no es obligatorio que sólo uno de los puentes de detección de TCE maneje el TCE en caso de un establecimiento de enlace. Un TCE de “pérdida de enlace” entre dos puentes implicará también dos puentes de detección de TCE, y a menudo no es posible la comunicación entre estos dos puentes después de un TCE de “pérdida de enlace”. Ninguno de estos dos puentes sabe si el TCE se produjo por una pérdida de enlace o porque el puente contiguo está completamente desconectado de la red. Así, ambos puentes de detección de TCE inician un procedimiento de cambio de topología que implica cambios de topología locales y transmisión de información de MTU, TCC y TCE. Esto significa que se tienen dos manejadores de topología de puente. Los dos puentes de detección de TCE enviarán la misma información. Esto significa que los demás puentes en la red recibirán la misma información dos veces, pero los puentes afectados por el TCE deberían ejecutar las órdenes recibidas sólo una vez. Estos puentes pueden verificar que la misma información se recibe de cada uno de los puentes de detección de TCE comparando los paquetes de TCE recibidos, la inspección del campo “BTI para toda la red” de los dos paquetes de TCC recibidos, y el hecho de que el contenido de los dos paquetes de MTU recibidos (que pueden ser parte del paquete de TCC) son iguales si esta información se recibe en un intervalo de tiempo predefinido corto y razonable. Este procedimiento funciona tanto para una pérdida de enlace como para en algunos casos una pérdida completa de un puente en la red. Es conveniente que los puentes que reciben la información de TCC y MTU envíen paquetes de TCA a ambos de los puentes de detección de TCE aun cuando las órdenes sólo se
50
55
60
65 ejecuten una vez.

ES 2 318 268 T3

Ejemplo 3

Puente de manejo de TCE como “activación de enlace” de BTH - Conjunto de reglas 4

5 tanto el puente C como el G en la figura 4a detectan el TCE de “activación de enlace” entre los puentes C y G. Tanto el puerto C3 en el puente C como el puerto G3 en el puente G se ponen en estado de bloqueo y ambos puentes envían un paquete de TCE acerca del TCE y entonces esperan Tprop segundos. Tanto el puente C como el G pueden calcular, basándose en el TCE y en el intercambio de BTI entre estos dos puentes, la nueva topología activa que será relevante y acordar que el puente G deberá ser el BTH para este TCE, véase la figura 4c. El puente G pone al puerto 10 G1 en bloquear y el puerto G3 en reenviar, y entonces envía un paquete de TCC con información de MTU. La parte de TCC está prevista para el puente C, es decir, pone al puerto C3 de puente C en estado de reenvío, mientras que la parte de MTU está prevista para los puentes C, A, D y H.

15 Ejemplo 4.1

Puente de manejo de TCE como “desactivación de enlace” de BTH - Conjunto de reglas 4

20 La figura 7a muestra una topología activa, en la que un TCE de “desactivación de enlace” se encuentra entre los puentes C y G. Tanto C como G detectan este TCE, y ambos puentes inician un procedimiento de manejo de TCE basándose en la suposición de que el enlace entre estos dos puentes está desactivado. Ambos puentes enviarán un paquete de TCC que contiene información de topología de que este enlace está desactivado e información de MTU que indica a los puentes G, H, D, A y C que actualicen sus tablas de MAC. Los puentes A, D y H están afectados también por este TCE. Todos ellos pueden verificar que el TCE está producido por una pérdida de enlace entre los 25 puentes C y G puesto que la misma información de topología se recibe desde estos dos puentes. Así, la nueva topología activa mostrada en la figura 7b se consigue muy rápido.

Un problema que aparece con la técnica descrita anteriormente se relaciona con el escenario de TCE múltiple. Es decir, se generan uno o más TCE nuevos mientras que uno o dos puentes de detección de TCE ya están manejando un 30 TCE, o el mismo TCE genera información de MTU y TCC a partir de puentes de detección de TCE diferentes, donde difiere tanto la parte de TCC como la de MTU. Esto puede solucionarse utilizando los siguientes principios:

35 todos los puentes en el ST pondrán sus puertos habilitados de ST excepto uno en estado de bloqueo una vez detecten un escenario de TCE múltiple. Entonces el puente raíz calculará la nueva topología activa basándose en todos los TCE recibidos, y propagará la información de topología nueva a través de la red como se describió anteriormente. Así, el puente raíz actúa como el manejador de topología de puente.

Una solución alternativa a esto es la siguiente:

40 aquellos puentes que pertenecen al subárbol, donde aparece más de un TCE pondrán todos sus puertos habilitados de ST excepto uno en estado de bloqueo. El puente, es decir, subraíz, más cercano al puente raíz en cuanto al coste de ruta a través de los puertos de reenvío se convertirá en el manejador de topología de puente. Este puente manejará el establecimiento de una nueva topología activa basándose en todos los TCE recibidos, y propagará la información de topología nueva a través de la red siguiendo los principios como se describió anteriormente.

45 Puede optimizarse la puesta de todos los puertos habilitados de ST en todos los puentes en el ST o el subárbol en el que se produjo el TCE. Así, la raíz o subraíz puede identificar un subconjunto de los puertos habilitados de ST cuyos puentes deben ponerse en estado de bloqueo.

50 Ejemplo 4.2

Puente de manejo de TCE como “desactivación de enlace” de BTH - Conjunto de reglas 4

55 la figura 8a muestra una topología activa, en la que se detecta un TCE de “desactivación de enlace” en los puentes A, H y I. Estos puentes detectan el mismo TCE. Es decir, el puente D está desactivado. El puente A supone que se ha perdido el enlace entre A y D, el puente H supone que se ha perdido el enlace entre H y D y el puente I supone que se ha perdido el enlace entre I y D. Estos puentes enviarán un paquete de TCC que contiene información de topología acerca de que su enlace respectivo hacia el puente D está desactivado, y los puentes A y H enviarán información de 60 MTU que indica a los puentes G, H, D, A y C que actualicen sus tablas de MAC, mientras que el puente I enviará información de MTU que indica a los puentes H, D e I que actualicen sus tablas de MAC. Los demás puentes recibirán información de topología y MTU diferente. Este escenario debería manejarse de este modo como un escenario de TCE múltiple aun cuando la pérdida del puente D sea un único punto de fallo. Es también posible que los demás puentes verifiquen basándose en la información de MTU y TCC entrante desde los tres puentes de detección de TCE que éste 65 es un único escenario de TCE que implica una pérdida de puente D, y actúen según la(s) orden/órdenes recibida(s) que dan como resultado la nueva topología mostrada en la figura 8b.

Ejemplo 4.3

Puente de manejo de TCE como “desactivación de enlace” de BTH - Conjunto de reglas 4

5 la figura 9a muestra una topología activa, en la que un TCE de “desactivación de enlace” se encuentra en los puentes A, H e I. Estos puentes detectan el mismo TCE. Es decir, el puente D está desactivado. El puente A supone que el enlace entre A y D se ha perdido, el puente H supone que el enlace entre H y D se ha perdido y el puente I supone que el enlace entre I y D se ha perdido. Tanto el puente A como el H enviarán un paquete de TCC que contiene información de topología acerca de que su enlace respectivo hacia el puente D está desactivado e información de MTU
10 que indica a los puentes G, H, D, A y C que actualicen sus tablas de MAC, mientras que el puente I no hará nada, puesto que ya no tiene conexión a la red. Los demás puentes reciben la misma información de MTU, mientras que la información de topología sea diferente. Pueden, sin embargo, verificar que este es un único escenario de TCE que implica una pérdida del puente D, y actuar según la(s) orden/órdenes recibida(s) que dan como resultado la nueva topología mostrada en la figura 9b. Un enfoque conservador podría ser manejar esto también como un escenario de
15 TCE múltiple.

La implementación de utilizar el puente raíz como el único BTH posible en una red no requiere que todos los demás puentes en la red tengan conocimiento completo de la topología de red. Sólo se requiere información contigua de puente y local en un manejador que no sea de topología de puente. Esto incluye la misma información que se conoce en un puente habilitado de STA además de a qué puerto de ST está conectado cada puerto de ST en qué puente contiguo. Esta BTI puede enviarse como se describió anteriormente. Una alternativa es enviar esta BTI directamente al puente raíz como datos de unidifusión que se envían en puertos de reenvío, o puede utilizarse una combinación de estos dos procedimientos. El puente raíz calculará entonces el ST basándose en las BTI y TCE recibidos y enviará y recibirá información MTU, TCA y TCC de la misma forma que se describió anteriormente. Este principio puede
25 utilizarse también en caso de utilizar la implementación de subraíz. Los puentes que operan como subraíces deberían preconfigurarse a través de por ejemplo administración como subraíces en potencia o puede utilizarse un conjunto de reglas dado para identificar candidatos a subraíz en potencia. Un puente subraíz debe conocer toda la topología de red o por lo menos la información de topología relacionada con el subárbol en el que es el subraíz, mientras que los puentes en el subárbol no necesitan conocer más que información contigua de puente y local como se describió
30 anteriormente. Esta BTI se envía a una o todas las subraíces disponibles en la red. Es también posible que un puente tenga conocimiento de sólo una parte de la red. La parte de una red, en la que un puente deberá contener información de topología puede configurarse a través de administración.

La memoria descriptiva anterior ha descrito un elemento de red y un procedimiento para controlar un elemento de red (o puente por simplicidad). Cuando una red se construye con puentes según la invención, se consigue para toda la red un rendimiento de reconfiguración rápido y eficaz. Sin embargo, una ventaja sustancial se consigue también aun cuando algunos de los puentes en la red no soporten provisiones de reconfiguración rápida según la invención. Los siguientes principios son relevantes en este contexto:

- 40 - los paquetes de BTI se reenvían a través de los puentes sin soporte para reconfiguración rápida. Es decir, la BTI se envía en más que un salto de red en caso de que los saltos se basen en puentes sin soporte para reconfiguración rápida.
- 45 - El STA, RSTA o protocolo similar se utiliza entre los puentes de reconfiguración rápida que se conectan a puentes que soportan STA, RTSA o protocolos similares para conseguir reconfiguración rápida de protocolos razonable de los puentes que soportan sólo el STA, RSTA o similar
- 50 - los paquetes de STA o RSTA no se reenviarán por la red a través de puentes que soportan reconfiguración rápida. Así, un conjunto de puentes que soportan STA o RSTA conectados entre sí y puentes contiguos que soportan reconfiguración rápida y protocolos STA, RSTA y/o similares conectados a estos puentes se maneja como una red STA o RSTA separada.

Aunque la invención se ha descrito haciendo referencia a formas de realización específicas y preferidas y algunas alternativas y variaciones, el experto en la materia se dará cuenta de que existen muchas otras modificaciones obvias dentro del alcance de la invención, como se explica en el siguiente conjunto de reivindicaciones.

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para controlar un elemento de red con una pluralidad de puertos de comunicación para transmitir y recibir paquetes de datos a y desde otros elementos de red en una red, en el que un modelo de topología de árbol de expansión de la red se almacena en por lo menos una base de datos en el elemento de red, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

- (a) detectar un evento que indica un cambio en la topología de la red;
- 10 (b) actualizar el modelo de topología de árbol de expansión del subconjunto de la red basándose en información obtenida del evento de cambio de topología, incluyendo dicho subconjunto el origen del evento de cambio de topología y los elementos de red que están afectados por el cambio de topología,
- 15 (c) determinar si el elemento de red funciona como un manejador de topología para el evento detectado, y
- (d) si el elemento de red funciona como un manejador de topología, llevar a cabo las etapas siguientes:
 - (d1) calcular un nuevo modelo de topología de árbol de expansión, basándose en el modelo resultante de la etapa de actualización (b), y
 - 20 (d2) transmitir una orden de cambio de topología a la red, incluyendo dicha orden información sobre el nuevo modelo de topología de árbol de expansión,

25 **caracterizado**

- porque dicha etapa de detección (a) comprende una de las etapas siguientes:
 - (a1) detectar un evento de cambio de topología local, o
 - 30 (a2) detectar un evento de cambio de topología no local recibiendo un paquete de datos de evento de cambio de topología o un paquete de datos de orden de cambio de topología desde la red, y
- porque la etapa de detección (a) va seguida por la etapa de
- 35 - si el evento detectado es un evento local, transmitir una información de evento de cambio de topología, TCE, y una información de topología de elemento de red, BTI, a la red.

40 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha información de evento de cambio de topología se transmite a un elemento de red que funciona como un manejador de topología a través de por lo menos un elemento de red intermedio, reenviando dicho elemento de red intermedio dicha información de evento de cambio de topología sin retardarla mediante su unidad de procesamiento central.

45 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha orden de cambio de topología se propaga por la red a través de un elemento de red que reenvía la orden de cambio de topología sin retardarla mediante su CPU.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende asimismo la siguiente etapa:

- (e) si el elemento de red no funciona como un manejador de topología para el evento detectado, llevar a cabo la siguiente subetapa:
 - (e1) si el evento detectado es una orden de cambio de topología, llevar a cabo un procedimiento de recepción de orden de cambio de topología, comprendiendo dicho procedimiento de recepción de orden de cambio de topología las etapas de actualizar el modelo de topología con información de topología de elemento de red (BTI), determinar si en la orden TCC se solicita una confirmación de recepción de cambio de topología (TCA),
 - 55

determinar si en la orden de cambio de topología está incluida información de actualización de tabla de MAC

60 y si está incluida información de actualización de tabla de MAC, llevar a cabo un procedimiento de recepción de actualización de tabla de MAC.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende asimismo la etapa de si se solicita una confirmación de recepción de cambio de topología y no está incluida información de actualización de tabla de MAC en la orden de cambio de topología, llevar a cabo un procedimiento de transmisión de confirmación de recepción de cambio de topología.

ES 2 318 268 T3

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el procedimiento de transmisión de confirmación de recepción de cambio de topología comprende las etapas siguientes:

5 - transmitir un paquete de confirmación de recepción de cambio de topología a la red, incluyendo dicho paquete información de actualización de tabla de MAC calculada a partir del modelo de árbol de expansión si se requiere información de actualización de tabla de MAC.

10 7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de detección (a1) comprende la detección de un evento de cambio de topología de activación de enlace, un evento de cambio de topología de desactivación de enlace, un evento de cambio de topología de cambio de parámetro de coste de ruta, un evento de cambio de topología de expiración de BTI o un evento de cambio de topología de actualización de DB de BTI.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de actualización (b) va seguida por la etapa de

15 (b1) determinar si un procedimiento de cambio de topología no está finalizado cuando se detecta el evento de cambio de topología, y si el evento de cambio de topología se detecta cuando un procedimiento de cambio de topología no está finalizado, llevar a cabo las siguiente subetapas:

20 (b11) interrumpir cualquier procedimiento de cambio de topología en curso, y

(b12) actualizar el modelo de topología de árbol de expansión de la red, basándose en el nuevo evento de cambio de topología detectado.

25 9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de actualización (c) implica información de topología de red, información BTI, obtenida del evento detectado.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de determinación (c) implica la aplicación de un conjunto de reglas que está preseleccionado para su aplicación mediante diversos elementos de red en la red.

30 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que dicho conjunto de reglas impone que un elemento de red raíz siempre actúe como el manejador de topología.

35 12. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que dicho conjunto de reglas implica el uso de información sobre el origen del evento detectado en conjunción con información de topología recuperada del modelo de árbol de expansión para determinar si el elemento de red es el manejador de topología para el evento detectado.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que dicho conjunto de reglas impone que un número restringido de elementos de red subraíz puede actuar como el manejador de topología.

40 14. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que dicho conjunto de reglas impone que cualquier elemento de red subraíz puede actuar como el manejador de topología.

45 15. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que dicho conjunto de reglas impone que el elemento de red actúe como el manejador de topología si el evento detectado es un evento local.

16. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha subetapa de cálculo (d1) comprende el establecimiento de un modelo de árbol de expansión intermedio.

50 17. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de cálculo (d1) va seguida por la etapa de

si el elemento de red está afectado por el cambio de topología, configurar los puertos locales del elemento de red según el modelo de topología de árbol de expansión actualizado.

55 18. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende asimismo la etapa de

- recibir una orden de guardado de topología de la red, y

- registrar en una base de datos el modelo de topología actual tras recibir dicha orden de guardado de topología.

60 19. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende asimismo la etapa de transmitir una orden de guardado de topología a la red.

65 20. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende asimismo la etapa de transmitir una orden de diferencia de topología a la red, indicando dicha orden que existe una diferencia entre una topología de red preferida y una topología actual, almacenándose dichas topologías en bases de datos en el elemento de red.

ES 2 318 268 T3

21. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el modelo de topología de árbol de expansión implica parámetros de coste de ruta relacionados con por lo menos uno de entre: disponibilidad de enlace, velocidad de enlace, conectividad dúplex, tipo de enlace y capacidad de prioridad.

5 22. Elemento de red, que comprende una pluralidad de puertos de comunicación para transmitir y recibir paquetes de datos a y desde otros elementos de red en una red, en el que un modelo de topología de árbol de expansión de la red se almacena en por lo menos una base de datos en el elemento de red, que comprende asimismo unos medios de procesamiento dispuestos para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 21.

10 23. Red informática, que comprende una serie de elementos de red según la reivindicación 22.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

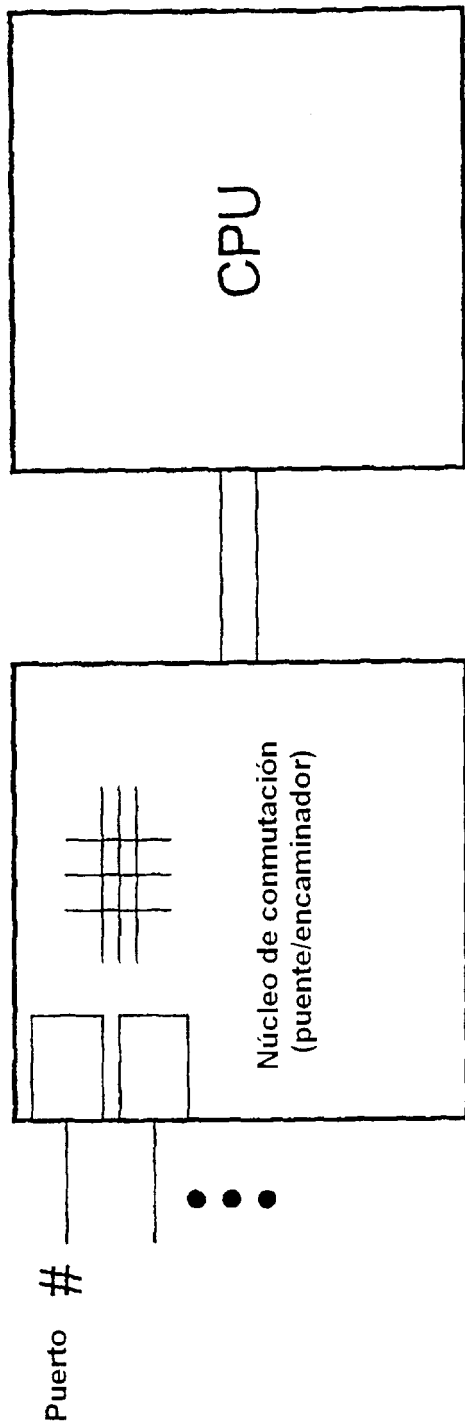


Figura 1

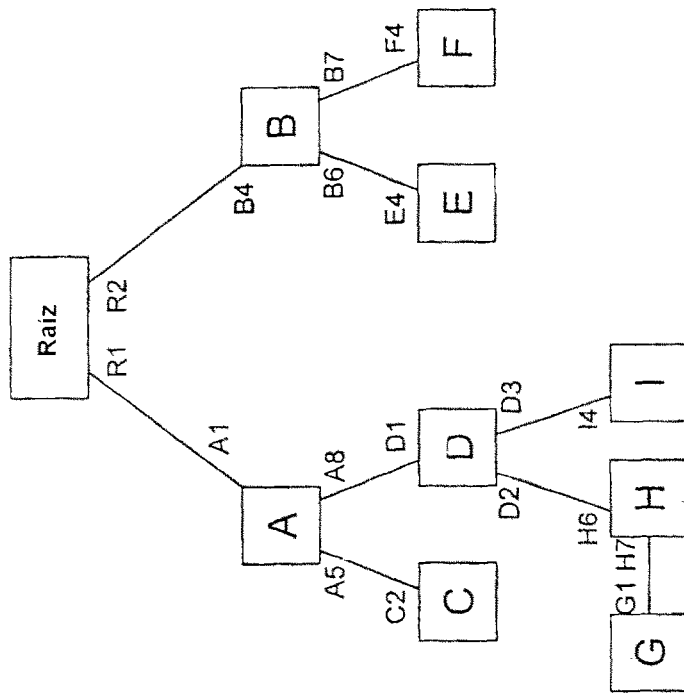


Figura 3

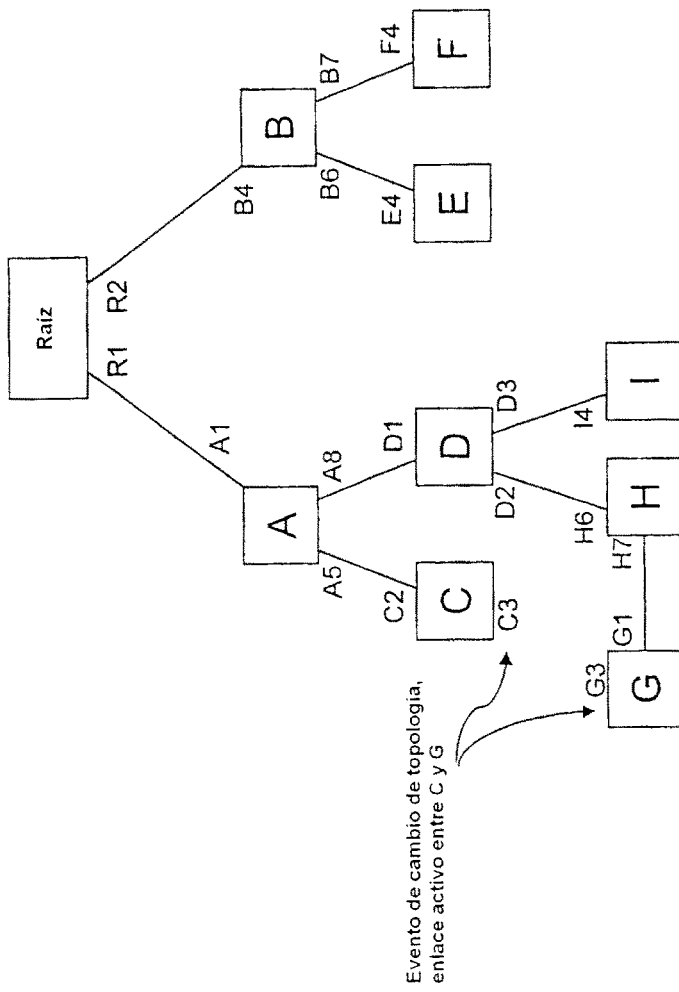


Figura 4a

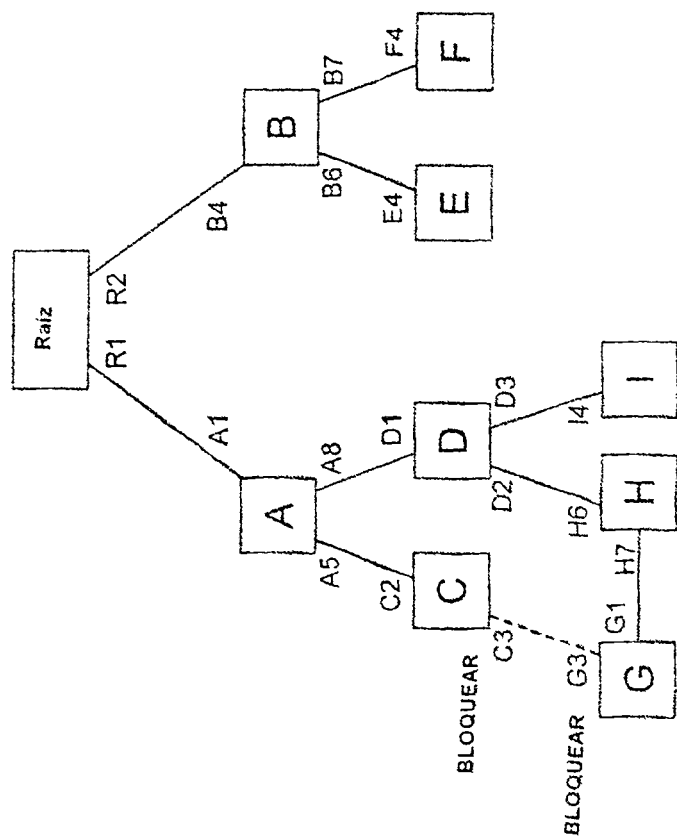


Figura 4b

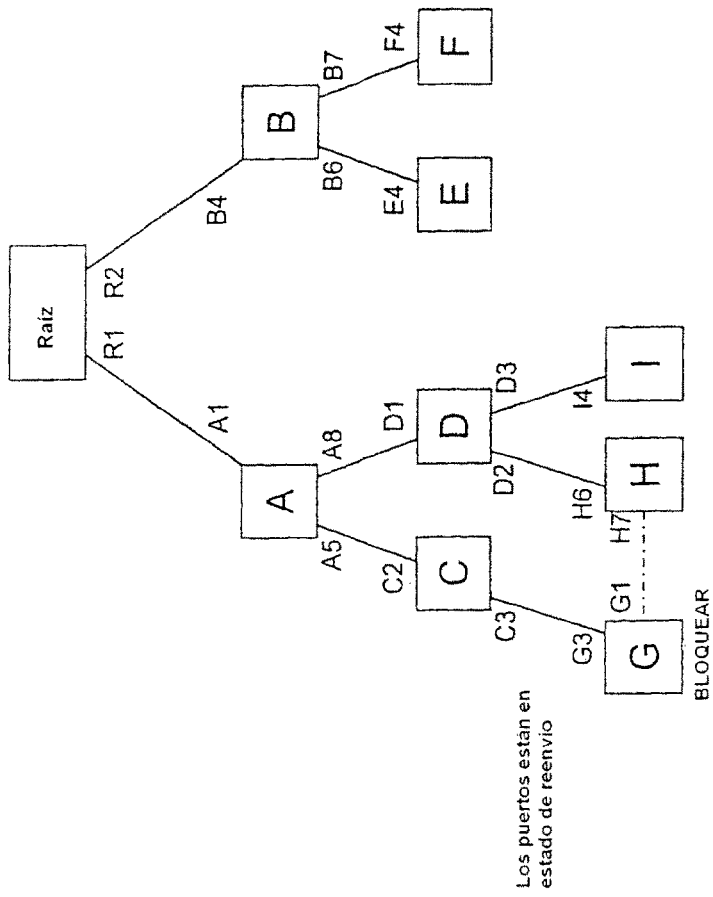


Figura 4c

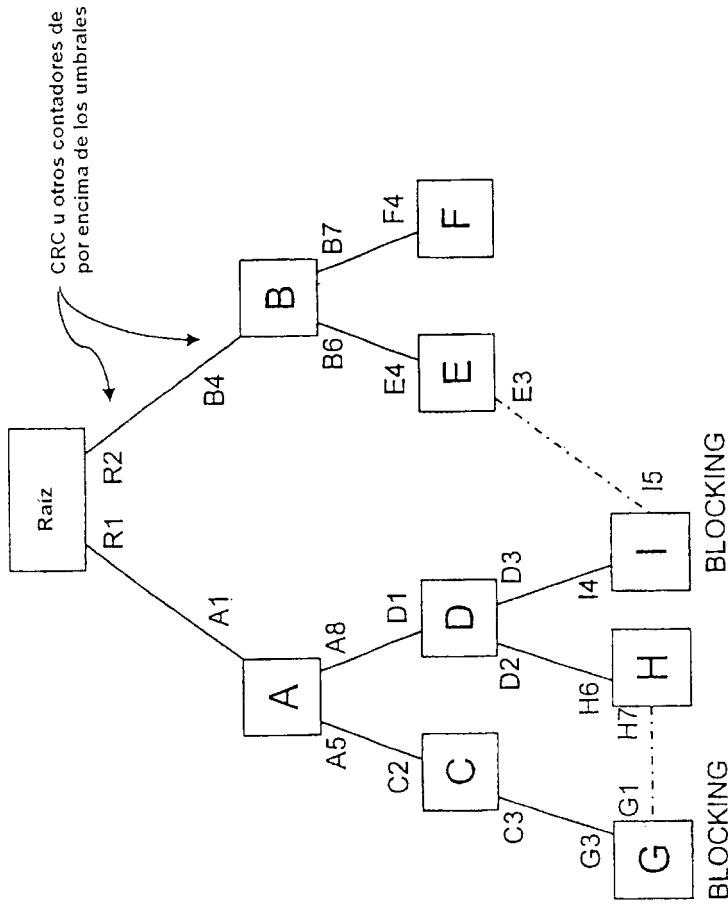


Figura 5a

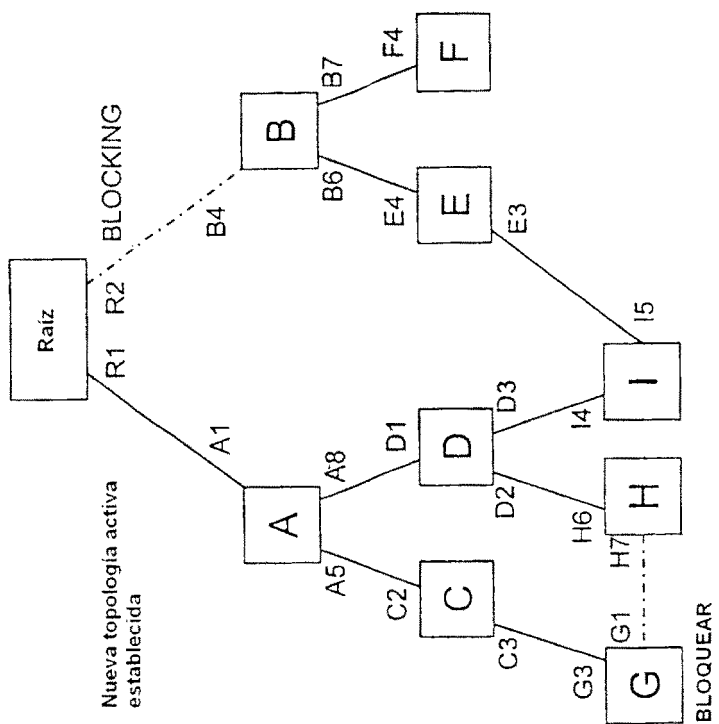


Figura 5b

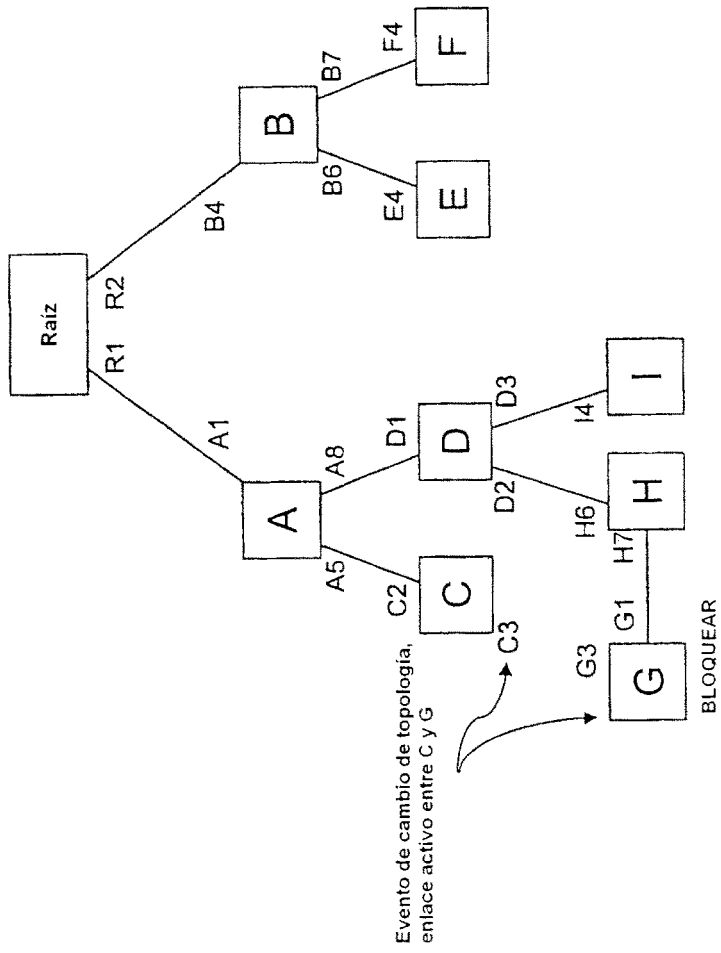


Figura 6d

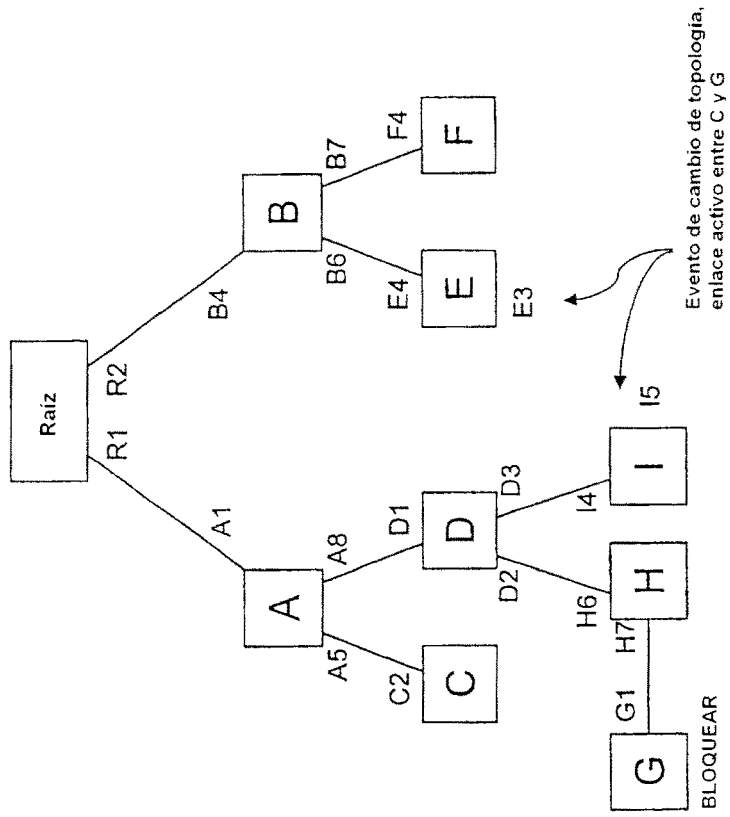


Figura 6b

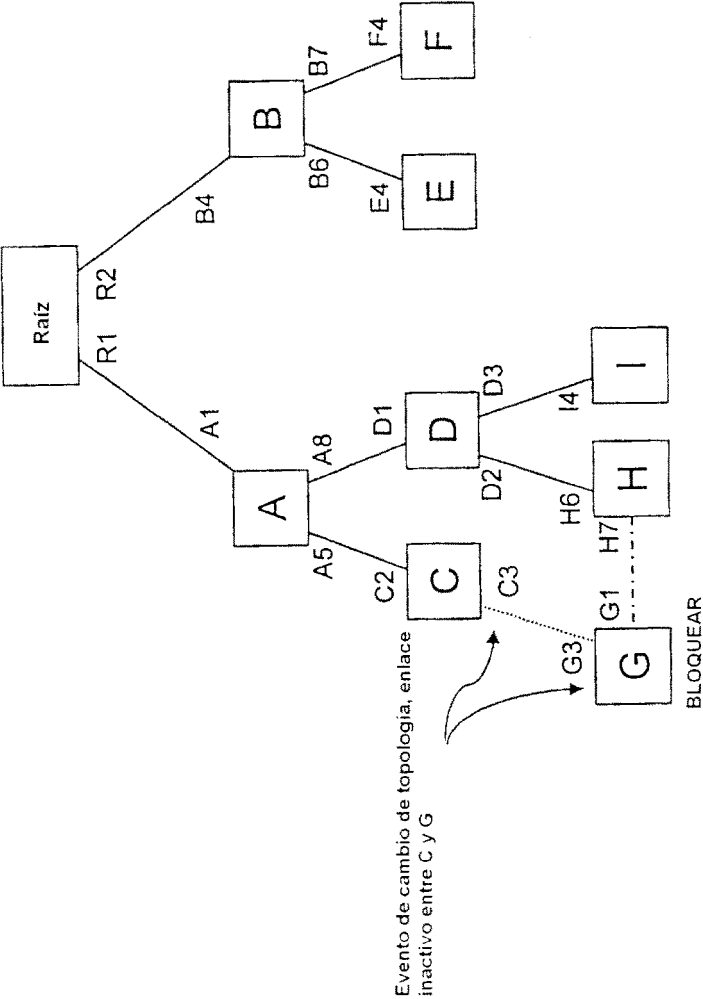


Figura 7a

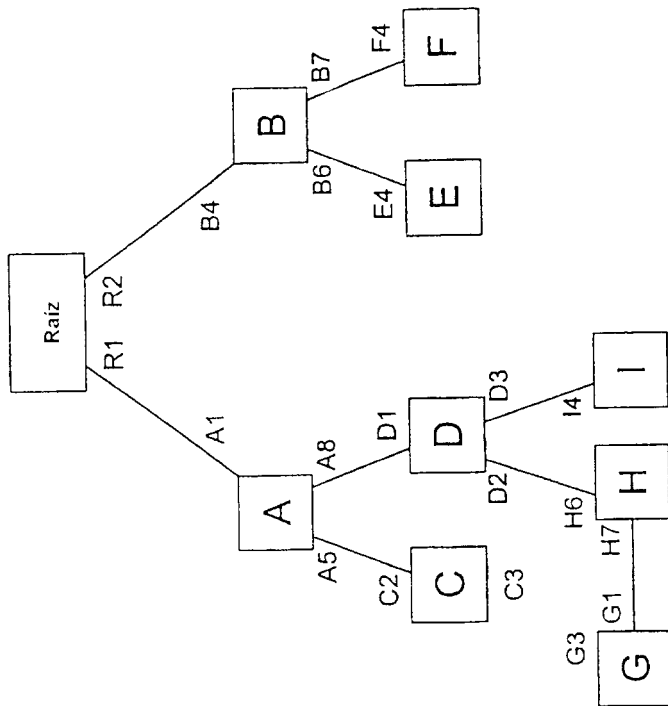


Figura 7b

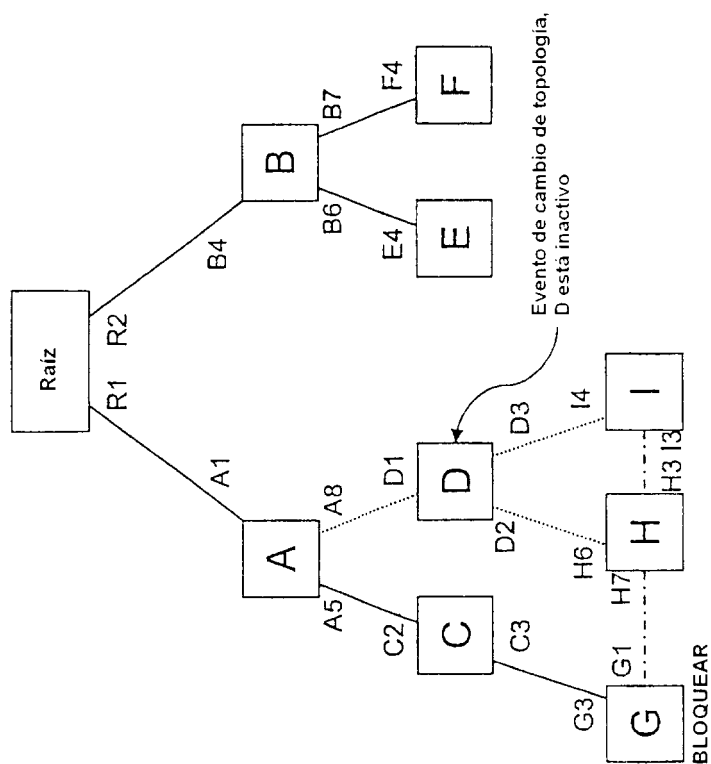


Figura 8a

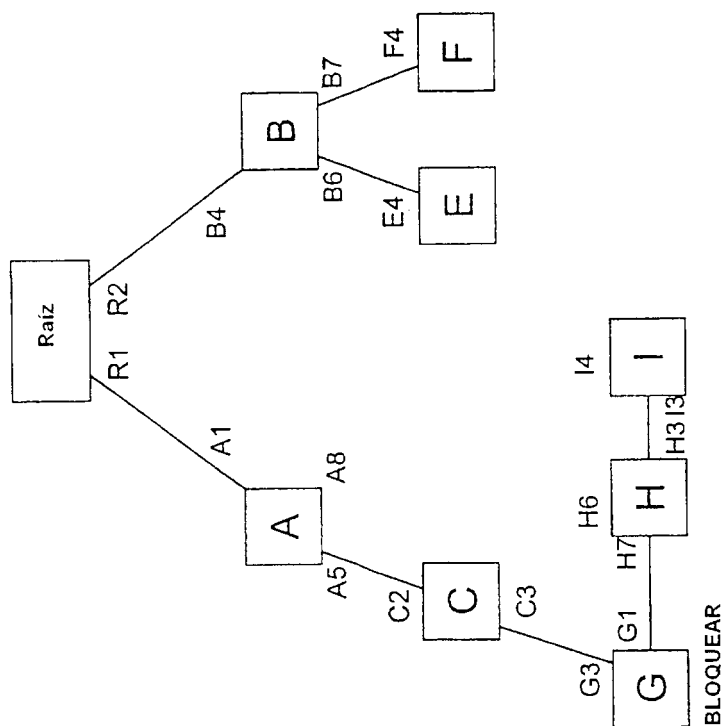


Figura 8b

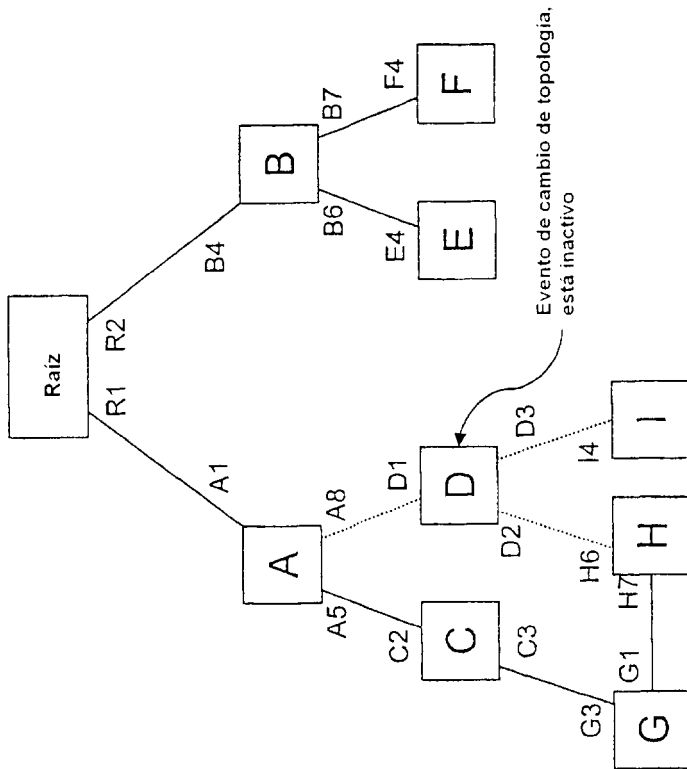


Figura 9a

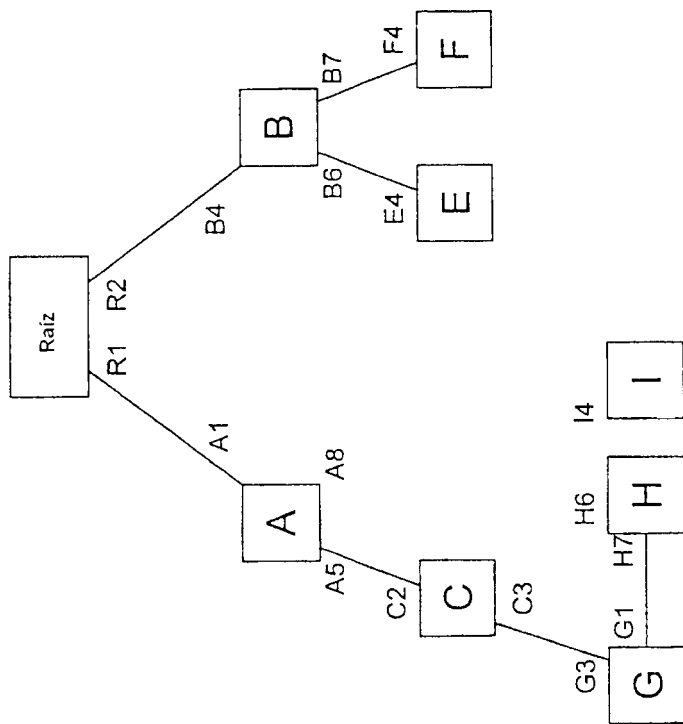


Figura 9b

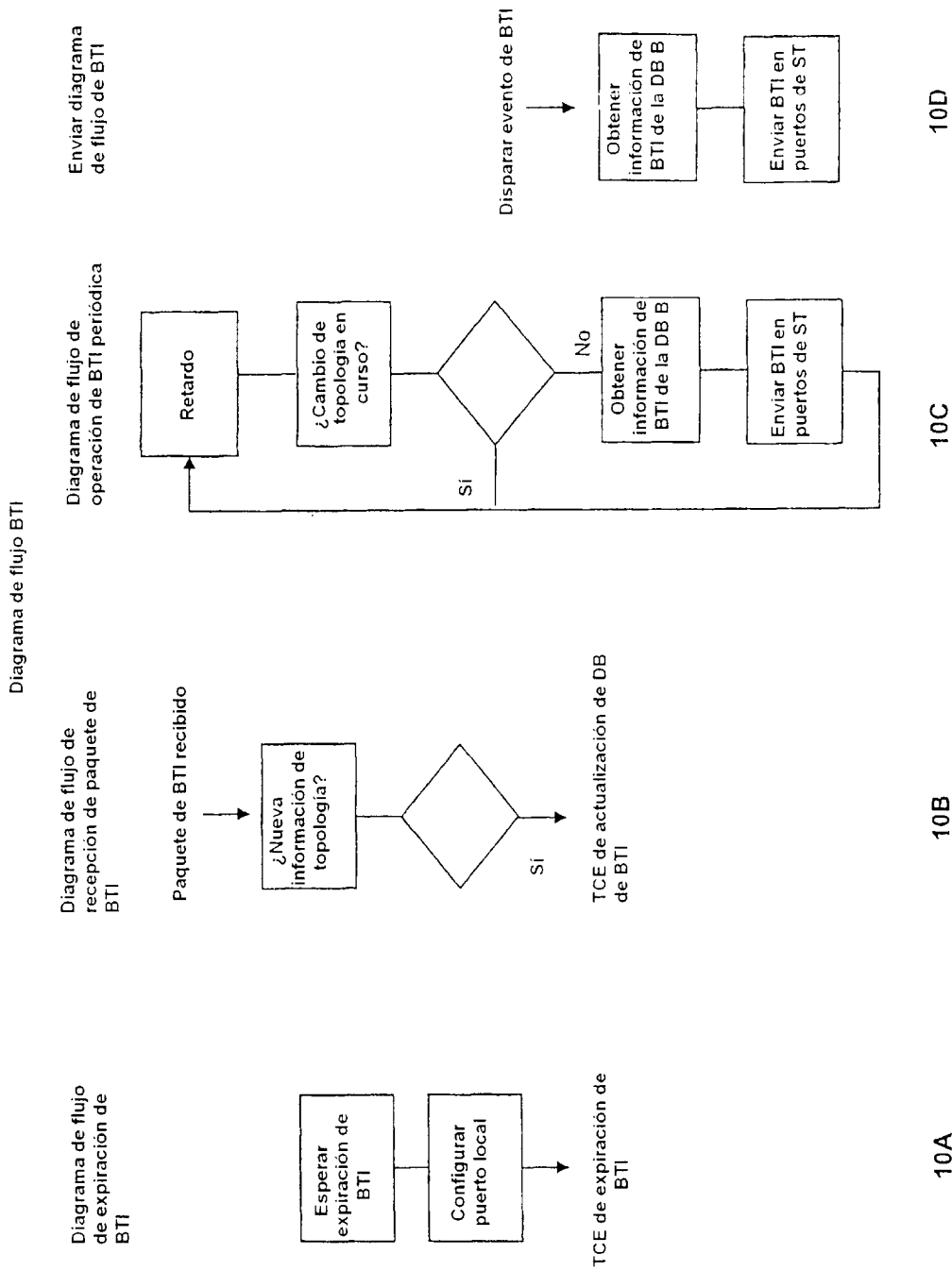
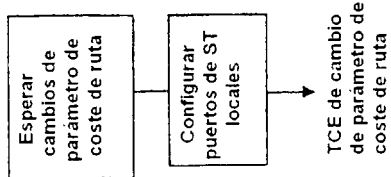


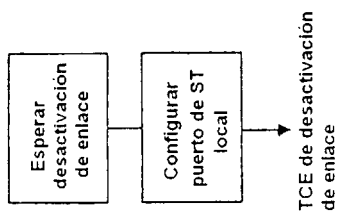
Figura 10a

Diagrama de flujo de cambio de parámetro de coste de ruta



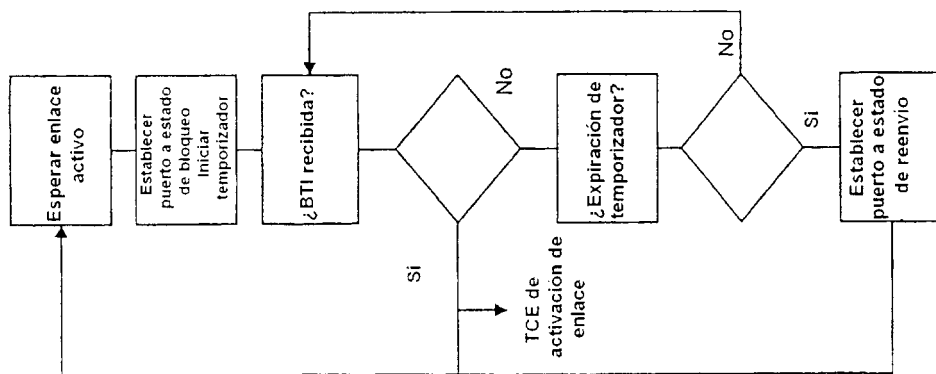
10G

Diagrama de flujo de desactivación de enlace de puerto de ST



10F

Diagrama de flujo de enlace activo de puerto



10E

Figura 10b

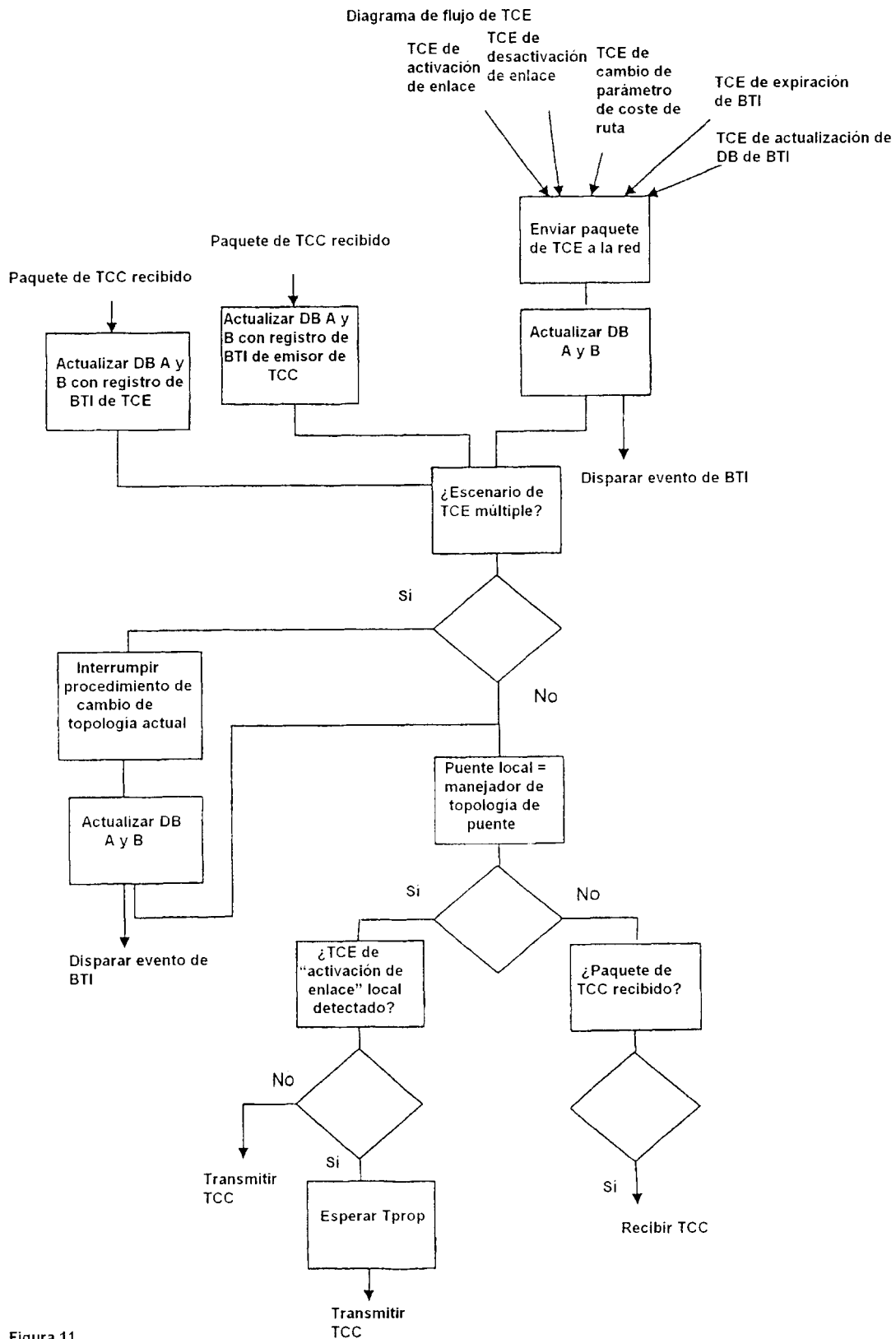


Figura 11

ES 2 318 268 T3

Diagrama de flujo de transmisión de TCC

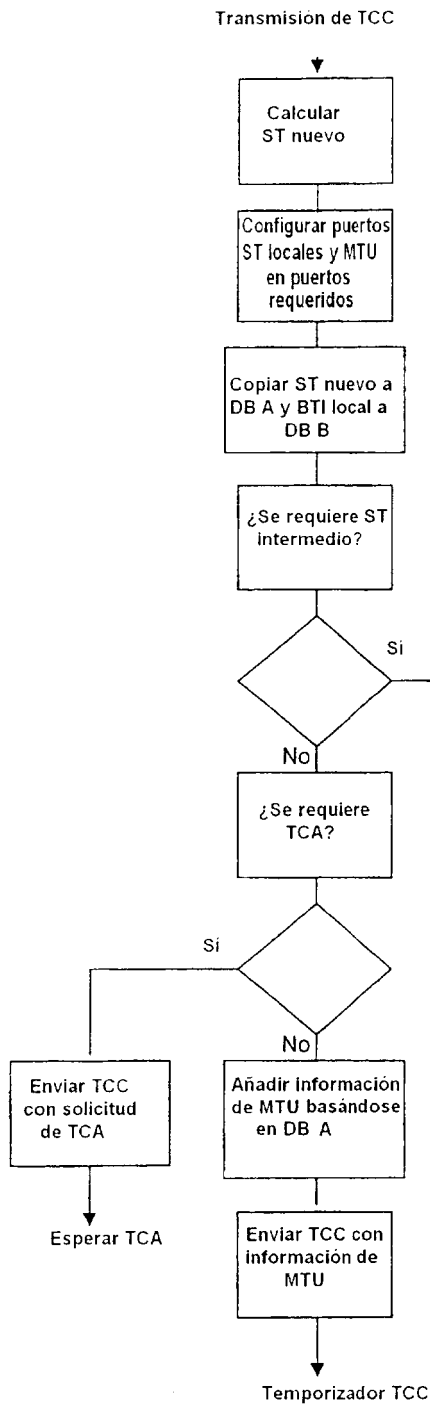


Diagrama de flujo de temporizador TCC

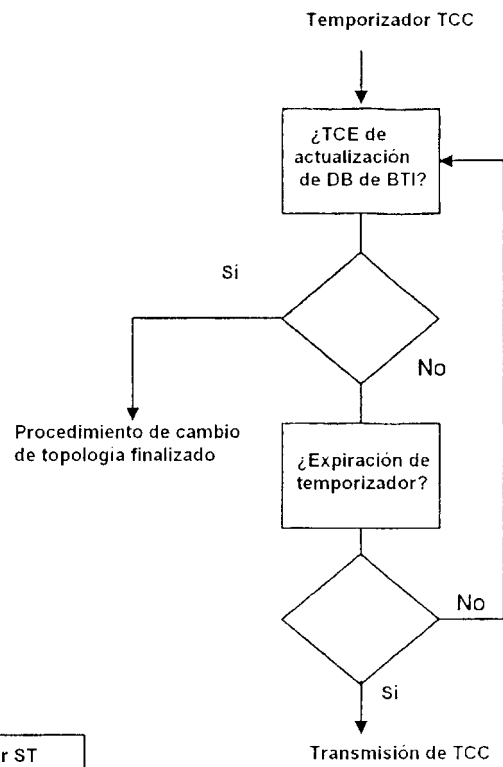


Figura 12a

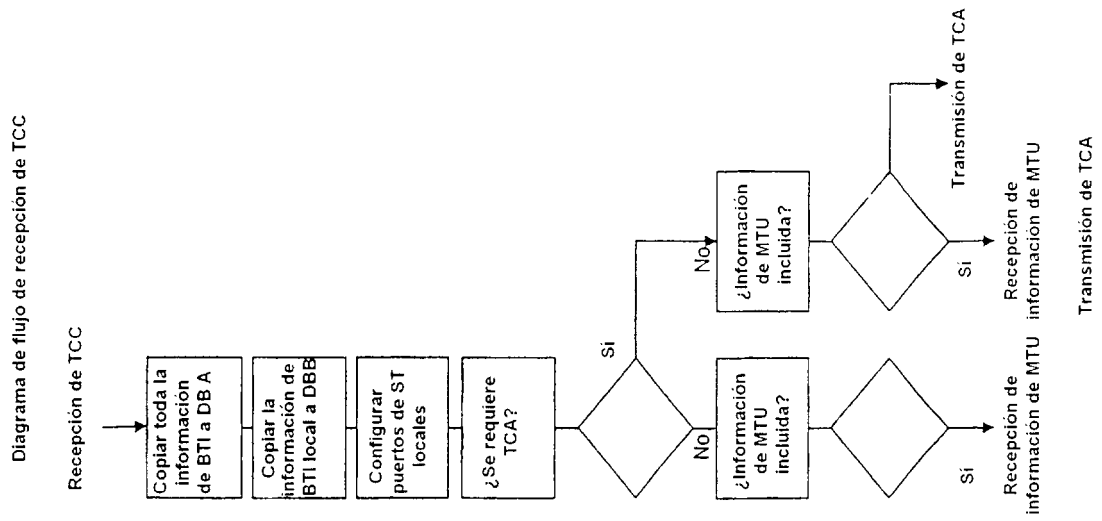


Figura 12b

Diagrama de flujo de recepción de TCA

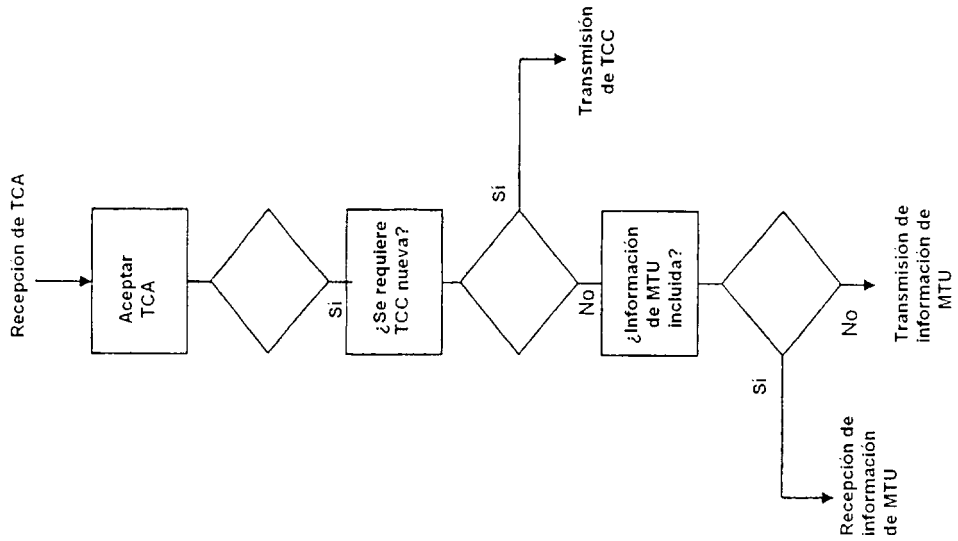


Diagrama de flujo de transmisión de TCA

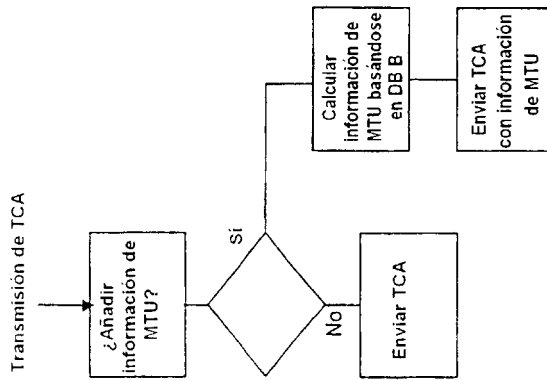


Figura 13

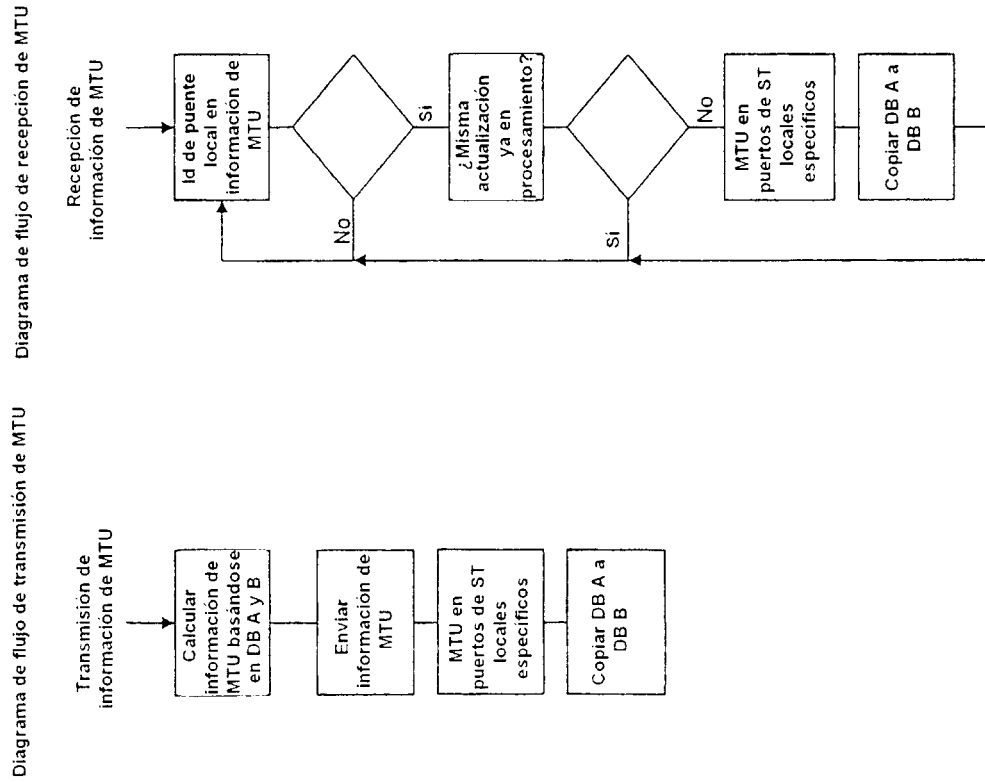


Figura 14

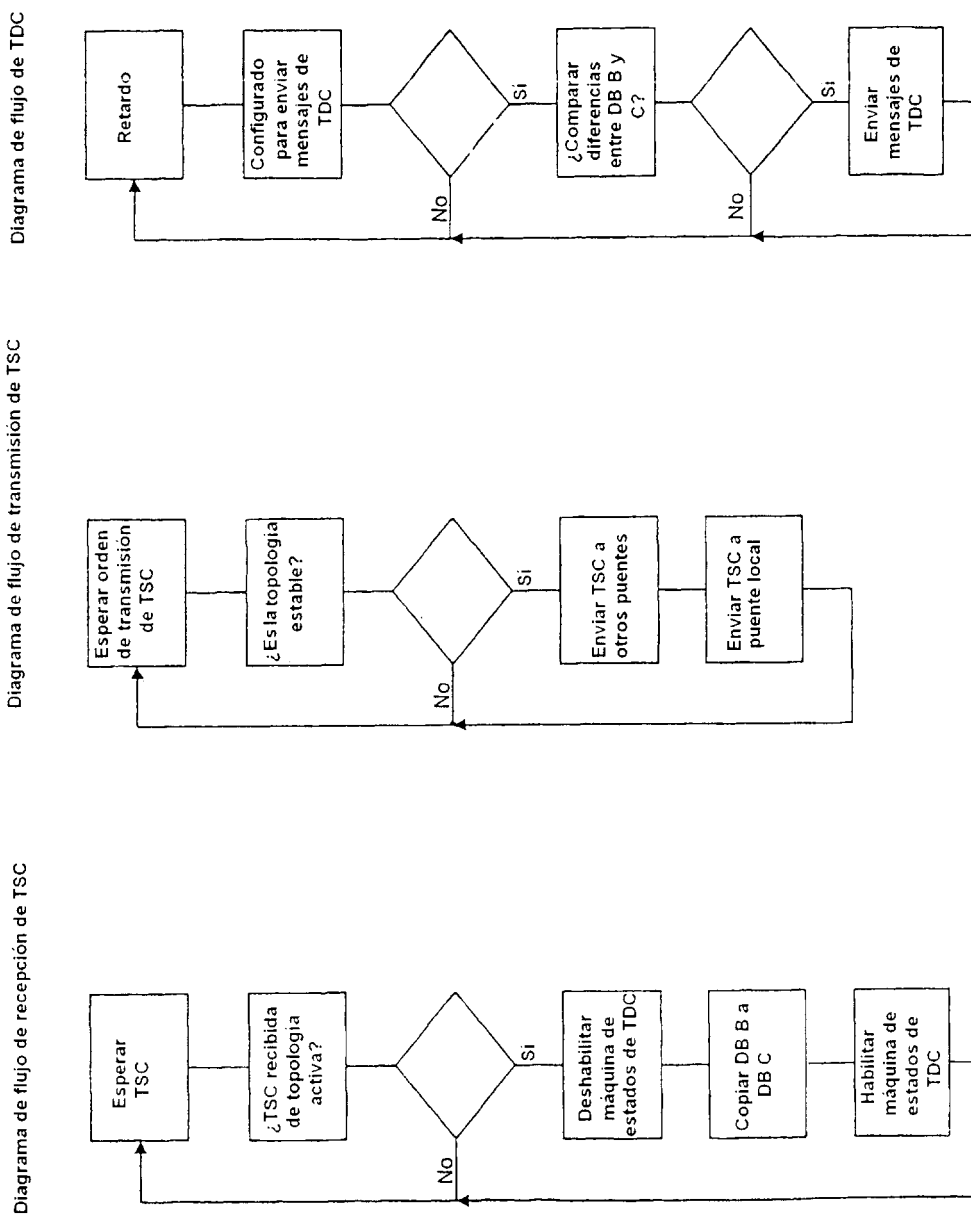


Figura 15